

Friedrich-Schiller-Universität Jena

Biologisch-Pharmazeutische Fakultät

Institut für Ernährungswissenschaften

Lehrbereich Lebensmittel und Umwelthygiene



seit 1558

**Traditionelle Ernährungsweisen in Entwicklungsländern –
typische Ernährungsmängel und Ansätze zur Verbesserung der Er-
nährungssituation am Beispiel Afrikas.**

Diplomarbeit

zur Erlangung des Grades eines Diplom-Ernährungswissenschaftlers

(Dipl.troph.)

vorgelegt von

Tobias Kühr

Am Anger 16

07743 Jena

Jena, den 23.07.2007

Gutachter:

1. Dr. habil. Peter Bachmann
2. Dr. habil. Hans-Joachim Drabner

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Wissenschaftliche Problemstellung	1
1.2	Ziel der Arbeit.....	5
1.3	Material und Methoden.....	5
2	Traditionelle Lebens- und Ernährungsweisen auf der Grundlage von Viehwirtschaft und Ackerfeldbau in Afrika.....	6
2.1	Die natürlichen geographischen Gegebenheiten Afrikas	6
2.2	Subsistenz- und marktorientierte Lebensweisen auf Grundlage von Viehhaltung in Afrika	9
2.2.1	<i>Nomadismus.....</i>	<i>10</i>
2.2.2	<i>Agropastoralismus.....</i>	<i>12</i>
2.2.3	<i>Transhumanz.....</i>	<i>13</i>
2.2.4	<i>Bewertung der Diät und auftretende Fehl- und Mangelerscheinungen auf Basis tierischer Ernährung.....</i>	<i>14</i>
2.3	Subsistenz- und marktorientierte Lebensweisen auf Grundlage von Ackerbau in Afrika	17
2.3.1	<i>Trocken- bzw. Wanderfeldbau</i>	<i>18</i>
2.3.2	<i>Bewässerungsfeldbau.....</i>	<i>19</i>
2.3.3	<i>Shifting Cultivation</i>	<i>20</i>
3	Traditionelle pflanzliche Grundnahrungsmittel in ausgewählten Regionen Afrikas und deren diätetische Bewertung	21
3.1	Mais als traditionelles Grundnahrungsmittel am Beispiel der Republik Südafrika	21
3.1.1	<i>Ernährung auf der Basis von Mais</i>	<i>21</i>
3.1.2	<i>Anbau, Erntetechnik, Erträge und Lagerung von Mais</i>	<i>22</i>
3.1.3	<i>Typische Verwendungs- und Verarbeitungsmethoden von Mais</i>	<i>24</i>
3.1.4	<i>Charakteristische, limitierende und schädliche Inhaltsstoffe des Maiskorns</i>	<i>26</i>
3.1.5	<i>Bewertung der Diät und auftretende Fehl- und Mangelerscheinungen bei der Ernährung mit Mais.....</i>	<i>28</i>

3.2	Sorghum als traditionelles Grundnahrungsmittel am Beispiel Nigeria.....	30
3.2.1	<i>Ernährung auf der Basis von Sorghum.....</i>	30
3.2.2	<i>Anbau, Erntetechnik, Erträge und Lagerung von Sorghum.....</i>	32
3.2.3	<i>Typische Verwendungs- und Verarbeitungsmethoden von Sorghum.....</i>	35
3.2.4	<i>Charakteristische sowie limitierende und schädliche Inhaltsstoffe des Sorghumkorns.....</i>	36
3.2.5	<i>Bewertung der Diät und auftretende Fehl- und Mangelerscheinungen bei der Ernährung mit Sorghum</i>	39
3.3	Ensete als traditionelles Grundnahrungsmittel am Beispiel Äthiopien.....	41
3.3.1	<i>Ernährung auf der Basis von Ensete.....</i>	41
3.3.2	<i>Anbau, Erntetechnik, Erträge und Lagerung von Ensete</i>	42
3.3.3	<i>Typische Verwendungs- und Verarbeitungsmethoden von Ensete.....</i>	45
3.3.4	<i>Charakteristische sowie limitierende und schädliche Inhaltsstoffe von Ensete</i>	46
3.3.5	<i>Bewertung der Diät und auftretende Fehl- und Mangelerscheinungen bei der Ernährung mit Ensete</i>	47
3.4	Cassava als traditionelles Grundnahrungsmittel am Beispiel Westafrika.....	50
3.4.1	<i>Ernährung auf der Basis von Cassava.....</i>	50
3.4.2	<i>Anbau, Erntetechnik, Erträge und Lagerung von Cassava.....</i>	51
3.4.3	<i>Typische Verwendungs- und Verarbeitungsmethoden von Cassava.....</i>	54
3.4.4	<i>Charakteristische sowie limitierende und schädliche Inhaltsstoffe der Maniokwurzel</i>	55
3.4.5	<i>Bewertung der Diät und auftretende Fehl- und Mangelerscheinungen bei der Ernährung mit Cassava</i>	56
3.5	Yams als traditionelles Grundnahrungsmittel am Beispiel Nigeria.....	60
3.5.1	<i>Ernährung auf der Basis von Yams.....</i>	60
3.5.2	<i>Anbau, Erntetechnik, Erträge und Lagerung von Yams</i>	60
3.5.3	<i>Typische Verwendungs- und Verarbeitungsmethoden von Yams.....</i>	64
3.5.4	<i>Charakteristische sowie limitierende und schädliche Inhaltsstoffe von Yams</i>	64
3.5.5	<i>Bewertung der Diät und auftretende Fehl- und Mangelerscheinungen bei der Ernährung mit Yams</i>	66
3.6	Bewertung der Diät und auftretende Fehl- und Mangelerscheinungen auf Basis pflanzlicher Ernährung.....	68

4	Mögliche Ansätze zur Verbesserung der Ernährungssituation.....	70
4.1	Gentechnik und Züchtung – Pro und Kontra	70
4.2	Verbesserung der Nahrungsqualität durch Supplementation und Anreicherung ..	73
4.3	Verbesserung der Anbaumethoden und Lagerung.....	75
5	Zusammenfassung	80
6	Literaturverzeichnis	83

Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen

Tab. 1: Durchschnittlicher täglicher Bedarf der wichtigsten Inhaltsstoffe der Nahrung in den verschiedenen Lebensabschnitten	4
Tab. 2: Stärke- und Eiweißgehalt verschiedener Maissorten	22
Tab. 3: Gehalt essentieller Aminosäuren in Endosperm und Keimling des Maiskorns	28
Tab. 4: Übersicht über die chemische Zusammensetzung von Sorghumkomponenten	37
Tab. 5: Übersicht über die Inhaltsstoffe von Ensete	47
Tab. 6: Vergleich des Gehaltes an essentiellen Aminosäuren von Mais und Ensete	49
Tab. 7: Veränderung der Inhaltsstoffe von Cassava durch die Verarbeitung	57
Tab. 8: Übersicht über die chemische Zusammensetzung von Yams-Sorten	65
Tab. 9: Einfluss des Kochens auf die Zusammensetzung von Yams (berechnet auf Basis der frischen Wurzel)	67
Abb. 1: Vereinfachte Darstellung der Klimazonen Afrikas	7
Abb. 2: Landwirtschaftliche Betriebssysteme in den Tropen und Subtropen	9
Abb. 3: Die traditionelle Umwelt für Nomaden	10
Abb. 4: Verbreitung von Sorghum in Afrika	32
Abb. 5: Verbreitung von Cassava in Afrika	51
Abb. 6: Aufbau eines familiären Kleingartens	76

1 Einleitung

1.1 Wissenschaftliche Problemstellung

Noch immer leiden global rund 800 Millionen Menschen unter Hunger. Hungern ist „das Ergebnis vollständigen Nahrungsentzugs oder einer über eine gewisse Zeit andauernden drastischen Verringerung der Nahrungsaufnahme“ (Blankenburg und Cremer, 1983, S.18). Dies führt zwangsläufig zu schweren körperlichen und psychischen Störungen mit Organveränderungen und erhöhter Sterblichkeit. Hunger kann jedoch nicht mit Unterernährung gleichgesetzt werden. Unter Unterernährung versteht man „einen krankhaften Zustand, der aus einer unzureichenden Nahrungsaufnahme – unzureichender Zufuhr von Energie oder von einem oder mehreren Nährstoffen – über eine längere Zeitspanne resultiert und sich in erster Linie in einem verringerten Körpergewicht manifestiert“ (Blankenburg und Cremer, 1983, S.18). Der Ernährungszustand ist für die Leistungsfähigkeit des Immunsystems äußerst wichtig. Unterernährung schwächt die Abwehrmechanismen, die Krankheitsanfälligkeit steigt, die Krankheiten dauern länger an und verlaufen schwerer. So können Diarrhöe und andere Infektionskrankheiten, oftmals verursacht durch mangelnde Hygiene und verunreinigtes Wasser, in Entwicklungsländern häufig tödlich enden. Besonders schwerwiegend ist die chronische Unterernährung bei Kindern, da sie auf Grund ihrer physiologischen Situation einen erhöhten Nährstoffbedarf aufweisen. Heute sind rund 160 Millionen Kinder chronisch unterernährt (Heidhues, o.J., FAO, 2005).

Die öffentliche und wissenschaftliche Aufmerksamkeit hat sich bisher wohl überwiegend mit den eben beschriebenen Phänomenen des Hungers auseinander gesetzt. Nicht alle Unterernährten empfinden jedoch Hunger. Unter dem Begriff „versteckter Hunger“ (*hidden hunger*) sind leichtere und chronische Formen von Makro- und Mikronährstoffmangel zu verstehen, die jedoch für einen Großteil der Sterblichkeit und Gesundheitsprobleme in Entwicklungsländern verantwortlich sind (Scrimshaw, 1994).

Dieser chronische Mangel an essentiellen Makro- und Mikronährstoffen, der wiederum die körperliche und geistige Entwicklung und Leistungsfähigkeit wesentlich beeinflusst, wird vor allem durch die Armut in den betroffenen Gebieten verursacht. So ernähren sich arme Menschen oft lebenslang sehr einseitig und sind meist bei

allen Mahlzeiten auf das gleiche Grundnahrungsmittel angewiesen. Dies kann zu vielfältigen Mangelkrankungen führen. Die wohl bekannteste und am weitesten in Afrika verbreitete ist die Protein-Energie-Mangelkrankung (PEM). Sie umfasst ein ganzes Spektrum an Krankheiten, die je nach Art, Schwere und Dauer des Energie- und Nährstoffmangels stark in ihren Erscheinungsformen variieren. Die Ursache liegt nicht im Mangel eines einzelnen Nährstoffes, sondern in einer unzureichenden Aufnahme oder Verwertung von verschiedensten Nährstoffen, vor allem aber im Fehlen von Energie und Proteinen bzw. speziellen essentiellen Aminosäuren in der Nahrung. Außerdem ist die Ätiologie von PEM oft eine Folge von Infektionen mit einhergehender mangelnder Absorption und Verwertung im Körper sowie einer gesteigerten Appetitlosigkeit. Wie bei vielen anderen Mangelkrankungen sind auch von PEM überwiegend Säuglinge und Kinder betroffen – und zwar wegen ihres, im Vergleich zu Erwachsenen, höheren Bedarfs an Energie und Proteinen (FAO, 1997). Die akuten Formen der PEM sind Marasmus (Protein- und Energiemangel) und Kwashiorkor (Proteinmangel bei adäquater Kalorienzufuhr). Kinder die an Marasmus leiden, haben oft nur 60 Prozent ihres normalen Körpergewichtes und sind kleiner als der Durchschnitt ihrer Altersklasse. Typisch sind dünnes Haar, trockene Haut und das weitgehende Fehlen von Fettgewebe. In Gegenden, in denen vorwiegend proteinarme, kohlenhydratreiche Grundnahrungsmittel wie Kartoffeln, Cassava und Kochbananen die Nahrungsbasis bilden, findet sich häufig der Kwashiorkor. Der Begriff „Kwashiorkor“ stammt aus Ghana und bedeutet "roter Junge", da sich bei dieser Krankheit die ursprünglich schwarzen Haare rot bis blond färben. Zur Entstehung des typischen Erscheinungsbildes des Kwashiorkor tragen Mikronährstoffmangel, bestimmte Toxine, wie Aflotoxine und freie Radikale bei. Durch den Eiweißmangel ist das Bindegewebe des Körpers geschwächt. Der Körper versucht diesen Mangel mit Wassereinlagerungen in das Gewebe auszugleichen, was zu Ödemen am ganzen Körper führt. Da dadurch das Körpergewicht oft nur gering vermindert ist, wird das Ausmaß dieser Krankheit oft unterschätzt (Oltersdorf, 1996, S. 66-68).

Neben PEM gibt es eine Vielzahl weitere Krankheiten die durch einen Mangel an Mikronährstoffen verursacht werden. Die am weitesten in Afrika verbreiteten sind Vitamin-A-Mangel, Eisenmangel sowie Jodmangel.

Eine unzulängliche Aufnahme von Carotinoiden, vor allem β -Carotin, die schlechte Absorption des Vitamins oder der erhöhte metabolische Bedarf kann zu einem

Vitamin A-Mangel führen. Von diesen drei Möglichkeiten ist ein diätetischer Mangel bei weitem die häufigste Ursache von Xerophthalmie in Afrika. Ein Vitamin-A-Mangel führt weiter zu Nachtblindheit und in extremen Fällen zum völligen Erblinden. Der Verlauf von Krankheiten wie Masern, Durchfall und Atemwegsinfektionen verschlimmert sich und die Sterblichkeitsrate steigt. Allerdings kann durch ausreichendes Stillen von Kleinkindern einem Mangel weitgehend vorgebeugt werden, da Muttermilch eine gute Quelle für Vitamin A darstellt.

Von Eisenmangel, der meist zu einer Anämie führt, sind weltweit etwa 2 Milliarden Menschen betroffen. Ein Mangel an Folsäure, Vitamin A und B12 sowie Proteinen fördert zusätzlich das Auftreten einer Anämie. Da vor allem bei armen Menschen die tägliche Ernährung nur wenig aus tierischen Produkten wie Fleisch besteht, entfällt hier eine wichtige Eisenquelle, da Eisen aus pflanzlichen Lebensmitteln eine geringere Bioverfügbarkeit aufweist. Eisenmangel führt unter anderem zu einer schlechteren Lernfähigkeit sowie zu Verhaltensstörungen bei Kindern, einem Leistungsabfall, Appetitlosigkeit und ist eine der Hauptursachen der hohen Muttersterblichkeit in Entwicklungsländern.

Etwa 200 Millionen Menschen sind von Jodmangel und einer damit einhergehenden Vergrößerung der Schilddrüse (Kropf) betroffen. Der Jodgehalt des Erdbodens schwankt je nach Anbaugebiet beträchtlich und beeinflusst die Quantität des Jods im Nahrungsmittel. Gebiete mit Jodmangel sind vor allem Hochebenen oder Gebirgsbereiche bzw. inländische Ebenen weit vom Meer entfernt. Ein Jodmangel führt zu Kretinismus, einer Krankheit des Kindes, die während der Schwangerschaft entsteht. Dadurch verlangsamt sich der gesamte Stoffwechsel, es kommt zu Entwicklungsverzögerung des Zentralnervensystems, Missbildungen des Skeletts, Gehirnschäden mit Sprachstörungen und Schwerhörigkeit sowie irreversiblen Beeinträchtigungen der geistigen Entwicklung. Ein Mangel bei Erwachsenen führt zu Leistungsminde rung, Schwäche, Antriebsmangel, Müdigkeit und Appetitlosigkeit (Leitzmann, 2001).

Neben diesen weit verbreiteten Mangelkrankheiten sind andere Vitaminmangelkrankheiten, wie Pellagra oder Beri-Beri sowie ein Mangel an anderen Mineralstoffen, wie z.B. Zink in Afrika regional weit verbreitet.

Die Aufnahme einer ausreichenden Menge an Nahrung ist somit die Voraussetzung dafür, dass alle benötigten Nährstoffe in bedarfsgerechter Menge zugeführt werden, es sei denn, es handelt sich um eine minderwertige oder sehr einseitige Ernährung.

Die Qualität der Nahrung spielt daher eine entscheidende Rolle, um alle lebenswichtigen Nährstoffe im richtigen Verhältnis anzubieten. Tabelle 1 soll aufzeigen, wie hoch der durchschnittliche tägliche Bedarf der wichtigsten Inhaltsstoffe der Nahrung in den verschiedenen Lebensabschnitten sein sollte.

Tab. 1: Durchschnittlicher täglicher Bedarf der wichtigsten Inhaltsstoffe der Nahrung in den verschiedenen Lebensabschnitten

Alter	Durchschnittliches Gewicht (kg)	Energie (kcal)		Protein (g)	Vitamin A (mg)	Jod (mg)	Eisen (mg)	Folsäure (mg)
Säuglinge (Monate)								
3-6	7.0	700		13.0	350	40	14	25
6-9	8.5	810		14.0	350	50	14	31
9-12	9.5	950		14.0	350	50	14	34
Kinder (Jahre)								
1-2	11.0	1 150		13.5	400	70	8	36
1-3	13.5	1 350		15.5	400	70	9	46
3-5	16.5	1 550		17.5	400	90	9	54
		Jungen	Mädchen					
5-7	20.5	1 850	1 750	21.0	400	90	9	68
7-10	27.0	2100	1 800	27.0	400	120	16	89
Männer								
10-12	34.5	2.200		34.0	500	150	16	102
12-14	44.0	2400		43.0	600	150	24	170
14-16	55.5	2 650		52.0	600	150	24	170
16-18	64.0	2 850		56.0	600	150	15	200
>18	70.0	3 050		52.5	600	150	15	200
Frauen								
10-12	36.0	1 950		36.0	500	150	16	102
12-14	46.5	2100		44.0	600	150	27	170
14-16	52.0	2150		46.0	600	150	27	170
16-18	54.0	2150		42.0	500	150	29	170
>18	55.0	2 350		41.0	500	150	29	170
Schwangere								
Volle Aktivität		+285		+6.0	600	+25	47 ⁴	370-470
Reduzierte Aktivität		+200		+6.0	600	+25	47 ⁴	370-470
Stillende								
Erste 6 Monate		+500		+17.5	850	+50	17	270
Nach 6 Monaten		+500		+13.0	850	+50	17	270

(Quelle: FAO, 1988)

1.2 Ziel der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es traditionelle Ernährungsweisen in Entwicklungsländern, speziell in Teilen Afrikas, zu untersuchen. Dabei soll das Problem einer zu einseitigen Ernährung und damit einhergehendem Mangel an bestimmten Mikro- bzw. Makronährstoffen näher beleuchtet werden. Der erste Teil der Arbeit gibt einen allgemeinen Überblick über die verschiedenen Formen traditioneller Lebens- und Ernährungsweisen geben und die Frage klären, welche Aspekte zu einer einseitigen Ernährung führen können. Im zweiten Teil wird, um die Erkenntnisse des vorangegangenen Kapitels zu vertiefen, auf einige spezielle pflanzliche Grundnahrungsmittel, welche typisch für verschiedene Regionen auf dem afrikanischen Kontinent sind, eingegangen. Es soll aufgezeigt werden, wie ertragsreich die traditionellen Grundnahrungsmittel unter den vorherrschenden klimatischen Bedingungen sind, welche Inhaltsstoffe typisch und limitierend für die speziellen Gewächse sind und welche Formen der Mangelerscheinung auftreten. Das letzte Kapitel umfasst mögliche Ansatzpunkte zur Verbesserung der Ernährungssituation, wobei aufgezeigt werden soll welche Verbesserungsmöglichkeiten es gibt und wo ihre Vor- und Nachteile liegen.

1.3 Material und Methoden

Im Zuge dieser Arbeit erfolgten zuerst eine allgemeine Sichtung und schließlich die gezielte Auswahl einschlägiger – überwiegend englischsprachiger – Fachliteratur der Bereiche Ernährungswissenschaften, Ethnologie, Biologie, Geographie und Wirtschaft. Auf dieser Grundlage wurden die wesentlichen Punkte sowohl im Hinblick auf traditionelle Lebens- und Ernährungsweisen und bestehender Mangelerscheinungen als auch – spezieller – in Bezug auf die ausführlicher betrachteten traditionellen Grundnahrungsmittel exzerpiert. Des Weiteren wurden in der wissenschaftlichen Debatte gängige Vorschläge für eine verbesserte Ernährungssituation erarbeitet und erörtert. Ergänzt werden konnten die Ausführungen durch ständig aktualisierte Daten der *FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS* (FAO), die eine zusätzliche statistische Grundlage bildeten und online verfügbar sind.

2 Traditionelle Lebens- und Ernährungsweisen auf der Grundlage von Viehwirtschaft und Ackerfeldbau in Afrika

2.1 Die natürlichen geographischen Gegebenheiten Afrikas

Ausschlaggebend für die verschiedenen Formen von Viehhaltung und Ackerbau ist das Klima in den jeweiligen Gebieten, den damit verbundenen Bodenverhältnissen und die so entstehende typische Vegetation.

Klima

Das Klima Afrikas umfasst von den Wendekreisen bis zum Äquator sowohl die trockensten als auch die feuchtesten Klimagürtel unseres Erdballs. Beiderseits des Äquators erstreckt sich ein Gürtel mit ganzjährig hohen Niederschlägen ohne große jahreszeitliche Schwankungen. Diesen Feuchtgebieten steht rund um den Nördlichen Wendekreis (etwa 23. Breitengrad) die Sahara als größte Wüste der Welt gegenüber. Die Randzonen des Nordens und des Südens haben ausgeprägte Jahreszeiten mediterranen Typs mit kalten Wintern und heißen Sommern.

Abb. 1: Vereinfachte Darstellung der Klimazonen Afrikas



(Quelle: <<http://www.geolinde.musin.de/>>)

Boden und Vegetation

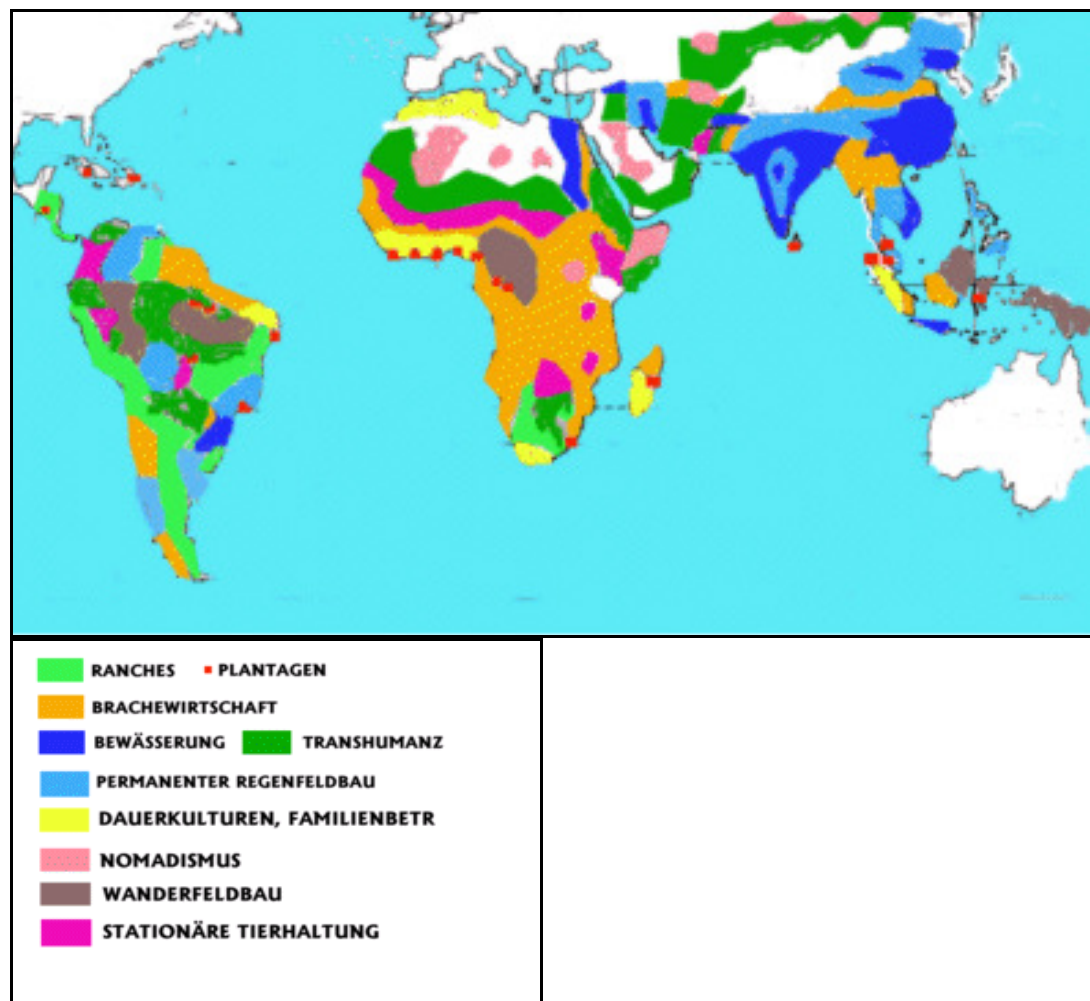
Im Allgemeinen lassen sich in etwa dreizehn Bodenzonen auf der Erde finden, von denen circa vier auf dem afrikanischen Kontinent nachweisbar sind. Diese sollen im Folgenden kurz – vor allem in Hinblick auf die Möglichkeit ihrer Nutzung kurz an-gerissen werden.

Genauere Angaben zu den einzelnen Bodenzonen können einmal der Weltbodenkarte der FAO oder aber diversen bodenkundlichen Lehrbüchern, wie z.B. dem von Scheffer/Schachtschabel entnommen werden.

So kann man in Afrika im Bereich der Wüsten die Calcisol-Gypsicol-Solonchak-Yermic-Arenosol-Zonen verorten, die aus den Ergs mit beinahe keiner Bodenentwicklung, den aufgrund fehlender Vegetation erodierten Hamadas respektive Steinwüsten, und den Seriren bzw. Vollwüsten, die aquatisch entstandene Lockersedimente aufweisen, bestehen. Die Übergangsbereiche der leicht humusreicheren Halbwüsten weisen häufig eine spärliche Vegetation auf und können daher als extensives Weideland genutzt werden, wohingegen im Gebiet der Vollwüste – wenn überhaupt – in manchen Bereichen höchstens Bewässerungsfeldbau betrieben werden kann. In den Gebieten um den Sudan findet sich vor allem die überwiegend tonreiche Vertisol-Lixisol-Nitisol-Zone, in der Savannen bis Wüstensteppen dominieren und die – zwar schwer bearbeitbar – für Ackerbau oder Weideland geeignet ist. Einer weiteren Zone – der Ferrasol-Alisol-Acrisol-Zone – gehören die immer- bis wechselfeuchten Tropen Afrikas an. Hier überwiegen die meist sehr verwitterten Ferrasole, die sich aufgrund kaum vorhandener Nährstoffreserven nach der Rodung nur einige Jahre ohne Düngung nutzen lassen, weswegen sich hier vor allem das System der Shifting-Cultivation durchsetzte. Eine weitere Zone stellt die zu den Steppenböden gehörende Kastanozem-Solonetz-Zone dar, die aus humusarmen kalk- oder gipsangereicherten Böden besteht und daher wegen Gefahr der Versalzung bei Ackerbau lediglich Weidenutzung zulässt (Scheffer/ Schachtschabel, 1998, S. 463ff.).

Nach der Vegetation unterteilt man mit zunehmender Äquatornähe und steigender Humidität in folgende Klimazonen: die trocken-heißen Wüsten mit nur dürftigem und sporadischem Regenfall, die ariden Halbwüsten, die nur episodisch von Nomaden zum Weiden genutzt werden, die semiariden Dornsavannen mit zwei bis vier humiden Monaten, in denen fast ausschließlich extensive Weidewirtschaft betrieben wird und die von Nomaden genutzt werden sowie die Trockensavannen mit vier bis sechs humiden Monaten, verwendet zum Bewässerungsfeldbau. In der Feuchtsavanne mit sieben bis neun humiden Monaten und jährlichen Niederschlägen von 600 bis 1500 mm treten bereits Wälder auf und auch kleinere Flüsse führen ganzjährig Wasser. Der Boden kann zum Regen- und Bewässerungsfeldbau sowie für Baum- und Strauchkulturen genutzt werden. Einen allgemeinen Überblick gibt Abbildung 2:

Abb. 2: Landwirtschaftliche Betriebssysteme in den Tropen und Subtropen



(Quelle: Doppler, 1991, S. 25)

2.2 Subsistenz- und marktorientierte Lebensweisen auf Grundlage von Viehhaltung in Afrika

Typisch für Entwicklungsländer ist die Subsistenzwirtschaft. Es handelt sich somit um vorwiegend autarke Betriebe, die primär für den Eigenbedarf produzieren, bei denen über mehrere Jahre weniger als 10 Prozent des Produktionswertes auf dem Markt verkauft werden. Reine Subsistenzbetriebe werden in volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen oft nicht mit einberechnet, was zu Verzerrungen bei der wirtschaftlichen Bewertung eines Landes führen kann. Um alle physiologischen und kulturellen Bedürfnisse bei vollständiger Selbstversorgung decken zu können ist ein sehr hoher Grad an Diversifikation der Produkte nötig.

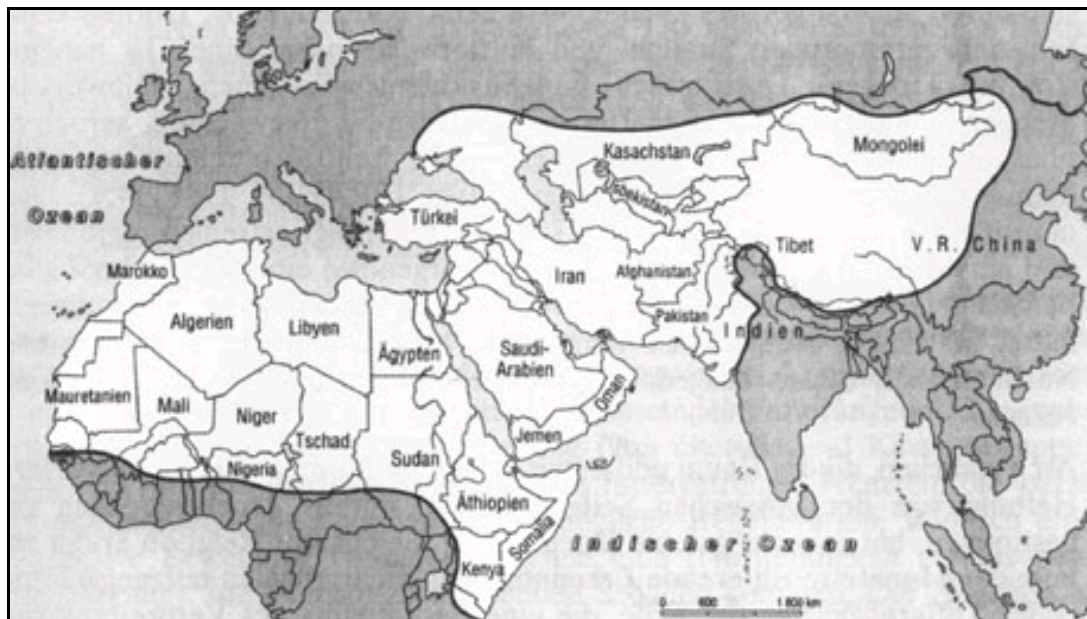
Neben diesen subsistenzorientierten Betriebssystemen gewinnen zunehmend marktorientierte Systeme an Bedeutung. Hierfür werden zehn bis neunzig Prozent der geernteten Ware auf Märkten verkauft, wodurch Gewinne erzielt werden, die zur Befriedigung moderner Bedürfnisse wie Ausbildung, medizinischer Versorgung, Kapitalbildung und dem Kauf von produktionsverbessernden und produktionssteigernden Mitteln verwendet werden können.

Typisch für die subsistenzorientierten Betriebssysteme mit nahezu unbegrenzter Fläche sind der Nomadismus, der ausschließlich auf Viehwirtschaft basiert, sowie der Agropastoralismus, bei dem Viehwirtschaft und Ackerbau bereits partiell kombiniert werden. Als marktorientiert ausgelegtes System der Viehwirtschaft lässt sich die Transhumanz anführen.

2.2.1 Nomadismus

Der Begriff stammt vom griechischen Wort „nomas“ und bedeutet „mit der Herde herumziehend“. Nomadismus ist fast ausschließlich im Trockengürtel der Alten Welt verbreitet (vgl. Abb. 3).

Abb. 3: Die traditionelle Umwelt für Nomaden



(Quelle: Scholz, 1995, S.33)

Die Produktionsgrundlage bildet stets die Naturweide. Eine Weidepflege oder Futterbevorratung findet nicht statt (Arnold 1985, S. 156). Die Familien sind nicht sesshaft, sondern Wandern mit dem Vieh zu den verschiedenen Weideplätzen. Im periodischen Rhythmus werden so zum Teil große Distanzen zurückgelegt um Futter und Wasser zu finden. Die Viehhaltung dient dabei als Wirtschaftsgrundlage, da Ackerbau durch mangelnden Niederschlag und Bodenfruchtbarkeit keine ertragsreiche Ernte zulässt. Die wichtigsten Herdentiere sind Schafe, Ziegen und Rinder, die in großen Zahlen gehalten werden, da zum einen in schweren Zeiten wie Dürre oder Wassermangel so mehr Tiere überleben können und viele Tiere zum anderen ein Zeichen für Reichtum und Einfluss sind. „Dank ihrer Fähigkeit, aus kargen Ressourcen hochwertige Nahrungsmittel und veredeltbare Rohstoffe zu erzeugen, sie quasi ubiquitär zur Verfügung zu stellen und der artspezifischen räumlichen Mobilität, erlauben die Herdentiere dem Menschen, selbst spärlichste, weit gestreute Futterreserven, gestaffelte Weiden zerklüfteter, verschneiter Gebirgsregionen und schutzbietende Weiten endloser Wüsten und Steppen zu erschließen“ (Scholz 1995, S.52). Ziegen, als wichtigstes Herdentier, werden in erster Linie zur Milchproduktion gehalten. Sie zeichnen sich im Vergleich zu Schafen durch ihre ausgeprägte Genügsamkeit, bessere Anpasstheit und eben eine höhere Milchproduktion aus (Nicolaisen/ Nicolaisen, 1997, S.81ff.). Das Rind als nomadisches Herdentier findet sich überall dort, wo vergleichsweise dichte Grasvegetation vorkommt und täglich Zugang zur Tränke gegeben ist. Bei Nahrungsmangel, vor allem Milchknappheit in der Trockenzeit, spielt in der Diät der ostafrikanischen Rinderhalter der Verzehr von Blut, das aus der Halsvene des jeweiligen Tieres entnommen wird, eine relativ große Rolle. Allerdings kann der Aderlass erst wiederholt werden, wenn die Wunde vollständig abgeheilt ist. Daher und wegen der im Vergleich zum Bedarf geringen Blutmenge pro Tier bedarf es einer großen Zahl an Herdentieren (ebd., S.94-102).

Generell dient den Nomaden das Fleisch solcher Herdentiere nicht zur täglichen Ernährung sondern wird lediglich zu besonderen Festtagen und Ritualen verzehrt oder aber wenn ein Tier aufgrund einer Verletzung getötet werden musste. Da das Fleisch aus klimatischen Gründen nicht konserviert werden kann, wird es in der Gruppe verteilt oder aber im Rahmen eines größeren Festmahls verspeist, was einerseits den Gruppenzusammenhalt stärkt, andererseits aber auch deutlich zur Diätverbesserung beiträgt.

Heutzutage wird ein Viertel der Landflächen der Welt von Nomaden wirtschaftlich genutzt. In vielen ärmeren Staaten Afrikas und Asiens leisten Nomaden mit ihrer Produktion von Proteinen und Milch einen wichtigen Beitrag zur Ernährung verarmter Bevölkerungsgruppen und zur Stärkung der Volkswirtschaft. Die Kuh liefert ihnen Tag für Tag Milch und Blut. Beides vermischt bildet seit Jahrhunderten das typische Getränk der Maasai: "Saroi". Beim reinen Viehnomadismus werden pro Familienmitglied etwa sieben Rinder oder vierzehn Schafe/Ziegen für die Ernährung benötigt.

Die Milch und daraus hergestellte Produkte sind das Hauptnahrungsmittel der Nomaden. So macht die Milch bei Kindern rund achtzig Prozent und bei Erwachsenen mindestens sechzig Prozent der gesamten Kost aus (Andreae, 1983, S.207-209). Um sich mit pflanzlichen Produkten versorgen zu können, ist der Nomade seit jeher auf Austauschbeziehungen mit den Ackerbauern angewiesen und muss eine Überschussproduktion an tierischen Erzeugnissen zum Handel erwirtschaften. Haupttauschprodukte sind Getreide, Datteln, Tee und Zucker. So benötigt ein Fünf-Personenhaushalt der Saharanomaden jährlich 300 Kilogramm Getreide und 500 Kilogramm Datteln (Ruthenberg, 1971, S.257).

In der heutigen Zeit erlangt der Nomadismus jedoch immer geringere Bedeutung. Hauptgründe dafür sind Klimaveränderungen und Naturkatastrophen und damit verbundene Desertifikation, die Umwandlung der Weiden in Ackerland, die Politik der Regierungen zur Sesshaftmachung und die Ausrottung der Nomaden durch Kriege. Dadurch rückt die Lebensweise des Agropastoralismus immer mehr in den Vordergrund.

2.2.2 Agropastoralismus

Der Begriff setzt sich aus Agro (Agrar) und Pastoralismus (Viehhütung) zusammen. Man spricht von Agropastoralismus, wenn Landwirtschaft mit Viehhaltung kombiniert wird. Agropastorale Lebensformen sind über fast alle ariden Regionen Afrikas verteilt, wobei sie in Ostafrika am weitesten verbreitet sind. Siebzig Prozent Kenias und fünfzig Prozent Tansanias, Ugandas, Äthiopiens und des Sudans liegen in der Hand der Viehzüchter. Sie leben in kleinen, dezentralisierten und autonomen Gemeinschaften, von wo sie täglich ihre Herde austreiben (Fratkin/ Galvin, 1994, S.4). Nach der Erntezeit gibt es genug Futter um das Vieh auf der Farm zu halten und mit

für den Menschen unbrauchbaren Ernteprodukten wie Stroh oder Blättern zu füttern. Das Siedlungs- und Wanderverhalten richtet sich dabei nicht nur nach den Belangen der Tiere, sondern wird auch durch die Zwänge bestimmt, die sich aus dem Ackerbau ergeben. Ackerbau wird meist an Flussufern, wie dem Nil oder an Steppenrandgebieten betrieben (Andreae, 1983, S.211). Gerste, Weizen und Hirse als Wintergetreide sind die grundlegenden Feldfrüchte im nördlichen und östlichen Afrika zwischen Wüste und Steppenbeginn. Bis zur Ernte erfolgt keine weitere Bearbeitung des Feldes, es wird nicht gejätet. Diese extensive Form der Landwirtschaft kann nicht in jedem Jahr vollzogen werden und bringt meist auch nicht genügend Ertrag um den Haushalt über das ganze Jahr zu versorgen. Da es nicht jedes Jahr zu Niederschlägen in der Region kommt sind künstliche Bewässerungssysteme lebensnotwendig. Vornehmlich wird dazu die sogenannte Foggara genutzt, ein unterirdische Galerie, die höher gelegenes Grundwasser anzapft und das Wasser über Kilometer zu den tiefer liegenden Feldern führt, wo es an die Erdoberfläche tritt. (Geolinde, 2007). Die Dattelpalme spielt neben dem Getreideanbau eine überlebenswichtige Rolle, da für sie keine künstliche Bewässerung benötigt wird und sie durch ihren extrem hohen Gehalt an Kohlehydraten ernährungsphysiologisch sehr wichtig ist. Wenn es das Klima zulässt, werden auch kleine Gärten angelegt, welche mit Tomaten, Paprika, Zwiebeln oder Kartoffeln bepflanzt werden. Die wichtigste Überlebensstrategie in ganz Afrika ist der Anbau von Feldfrüchten zu variierenden Anbau- und Erntezeiten, um so Missernten durch Regenfälle, Dürre oder Schädlingsbefall zu vermeiden und die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten. Verschlechtern sich die Umweltbedingungen oder die politische Situation wandert das ganze Dorf weiter.

2.2.3 Transhumanz

Transhumanz – als eine Form marktorientierter Lebensweise auf Grundlage von Viehhaltung – leitet sich von den Worten „trans“ und „humus“ ab und bedeutet „jenseits der bebauten Erde“ (Sick, 1993, S.131). Unter Transhumanz versteht man ein System mit Tierhaltung, bei dem die Familien einen festen Wohnsitz haben und nur ein Teil der Familie, meist das männliche Oberhaupt, mit den Tierherden, vorwiegend Schafen und Ziegen, seltener Rindern, wandert. Bestimmt werden die Wanderungen der Herden durch die natürlichen Gegebenheiten wie Jahreszeit,

Regenperiode oder Überflutung. Ein großes Problem stellt die Überweidung durch immer größere Herden dar, welche zu Desertifikation führt. Die Vegetation kann sich nicht schnell genug erholen, der Anteil organischer Stoffe verringert sich, was zu einer Verschlechterung der Oberflächenstruktur, Versauerung und Erosion des Bodens führt. Dadurch sinken die Futterleistungen der Weiden, die Herden sterben und die Verarmung der Bevölkerung steigt.

Ein typisches Beispiel für Transhumanz stellen die Beduinen nördlich der Sahara dar. Die Familien sind sesshaft mit je einem festen Wohnplatz während der Trocken- und der Regenperiode. Ein Teil der Familie, ein männliches Familienmitglied mit Sohn oder Fremdarbeitskräften, wandert mit der Herde, meist Schafherden von zweihundert bis sechshundert Schafen und Rindern. Beduinen nutzen als Weide Steppen und Wüsten, die für Landwirtschaft nicht nutzbar sind. Das Hauptproblem ist die Trinkwasserversorgung, die durch Brunnenbohrungen zu lösen versucht wird.

Die Milch und das Fleisch werden zur Eigenversorgung genutzt oder auf dem Markt verkauft. Verkauft wird oft antizyklisch, meist bei Knappheit und hoher Nachfrage und somit zu hohen Preisen. Der sesshafte Teil der Familie betreibt Ackerbau, welcher zur Eigenversorgung oder zum Handel verwendet wird (ebd., S.132). Weit verbreitet in den semiariden und semihumiden Zonen Afrikas ist die Auftragstierhaltung, bei der Ackerbauern ihre Herden einem Hirten zur Betreuung übergeben. Als Entlohnung erhält der Hirte die Milch oder das erste Kalb eines Rindes.

2.2.4 Bewertung der Diät und auftretende Fehl- und Mangelerscheinungen auf Basis tierischer Ernährung

Eine Ernährung, die primär aus Fleisch und Milch bzw. Milchprodukten aufgebaut ist, stellt eine gute Proteinquelle dar. So enthält Fleisch im Mittel 19 Prozent Eiweiße mit einer guten Aminosäurezusammensetzung. Vor allem Lysin, als essentielle Aminosäure, ist in relativ hohen Mengen enthalten. Die biologische Wertigkeit der Proteine liegt bei 0,75-0,8 und die Verdaulichkeit bei etwa 95 Prozent. Der Grundaufbau jedes Muskels („Fleisch“) ist bei Mensch wie Tier fast identisch, weshalb sich auch die darin enthaltenen Proteine respektive Aminosäuren gleichen. Wegen dieser Ähnlichkeit erhält der menschliche Organismus beim Verzehr von Fleisch die

für die Proteineigensynthese benötigten Aminosäuren in günstiger Menge und Relation zueinander.

Fleisch und Fleischprodukte sind außerdem eine wichtige Quelle aller B-Vitamine wie Thiamin, Riboflavin, Niacin, Biotin, Pantothersäure, Folsäure sowie Vitamin B6 und B12. Vor allem Folsäure, Pyridoxin und Cobalamin sind in großen Mengen in der Leber und anderen Innereien enthalten, welche zusätzlich reich an Vitamin A ist und nennenswerte Menge an Vitamin D, E und K enthält.

Neben Vitaminen enthält Fleisch einige Mineralstoffe, wie Kupfer, Mangan, Zink und Eisen, in hohen Mengen. So spielt es eine wichtige Rolle in der Verhinderung des weit verbreiteten Zink- sowie Eisenmangels. Durch die organische Bindung des Eisens in Häm-Eisen erfolgt eine bessere Verwertung als aus pflanzlicher Nahrung. Man schätzt, dass 65 Prozent des Selens über tierisches Eiweiß aufgenommen wird, da Selen dort in Form der gut resorbierbaren Selenoaminosäuren Selenocystein und Selenomethionin vorliegt. Selen aus tierischen Produkten wird wesentlich schneller aufgenommen als Selenit/Selenat aus Pflanzen. Der Selengehalt tierischer Lebensmittel liegt zudem um ein Vielfaches über dem von Pflanzen. Auch die Bioverfügbarkeit von Zink ist im Gegensatz zu Pflanzekost weit höher, da die Resorption vor allem in Vollkornprodukten durch Phytate und Oxalate eingeschränkt wird. Je nach Ernährungszustand und Art des Tieres sind außerdem hohen Mengen an Fett im Tier enthalten (Arneth, 2003).

Das Blut, welches in der Trockenzeit häufig konsumiert wird, ist ebenfalls sehr nahrhaft. So ist Blut sehr proteinreich, hat einen hohen biologischen Wert und enthält viele andere Nährstoffe.

Ebenfalls in hohem Grade nährstoffreich sind Tiermilch und deren Produkte, die in der menschlichen Diät sowohl für Kinder als auch für Erwachsene eine wichtige Rolle spielen. Die Zusammensetzung der Milch ist nicht konstant und schwankt sowohl innerhalb einer Tierart als auch während der Laktation. Daher ist es nicht möglich konstante Werte für die Milchinhaltsstoffe anzugeben.

Hauptproteinkomponente ist Casein – mit einem Anteil von rund 80 Prozent am Gesamtprotein – sowie Laktalbumin. Beide haben eine sehr hohe biologische Wertigkeit, wobei die Molkenproteine durch den Gehalt an Cysteinmolekülen und einem höheren Anteil an essentiellen Aminosäuren biologisch noch wertvoller sind. Daher eignen sich Molkeneiweißpräparate gut zur Behandlung von Proteinmangelerscheinungen. Des Weiteren enthält die Milch hohe Mengen an Kohlenhydraten,

primär in Form von Laktose, sowie den Mineralstoff Kalzium mit einem Anteil von etwa 1,2 Gramm pro Liter Kuhmilch.

Der Vitamingehalt der Milch unterliegt zum Teil starken Schwankungen, wobei vor allem die Tierhaltung, die Fütterung sowie der Gesundheitszustand ausschlaggebend sind. Bei Grünfütterung enthält die Milch mehr β -Carotin und Vitamin A. Intensive Sonneneinstrahlung begünstigt die Bildung von Vitamin D aus den Provitaminen. Die Mikroflora im Pansen von Kühen synthetisiert die Vitamine der B-Gruppe sowie Folsäure und Vitamin K. Diese Vitamine müssen deshalb kein notwendiger Bestandteil des Futters sein. Riboflavin und Vitamin A sind ebenfalls in hohen Konzentrationen in der Milch enthalten, sowie ein geringer Anteil an Thiamin und Vitamin C (Töpel, 2004). Trotzdem kann eine dauerhafte Ernährung auf Basis von Milch ohne zusätzlichen Konsum von Fleisch aufgrund des geringen Gehaltes an Eisen zu einer Anämie führen. Zusammenfassend kann eine Ernährung auf Basis von Fleisch, Milch und deren Produkten als relativ ausgewogen beurteilt werden. Mangelerscheinungen treten selten auf (FAO, 1992). Eine Ergänzung der tierischen Nahrung durch pflanzliche Produkte, wie sie typisch in den Lebensweisen des Agropastoralismus und der Transhumanz ist, führt zu einer zusätzlichen Aufwertung der täglichen Ernährung.

2.3 Subsistenz- und marktorientierte Lebensweisen auf Grundlage von Ackerbau in Afrika

Neben einer hauptsächlich auf Viehwirtschaft beruhenden Lebensweise gibt es jedoch deutlich mehr Menschen, die sich vorwiegend durch Feldfrüchte des Ackerbaus ernähren.

Dazu sind nach Beets (1990) folgende Pflanzengruppen nötig um eine vollständige Selbstversorgung zu gewährleisten:

- ein oder mehrere Grundnahrungsmittel wie zum Beispiel Mais, Cassava, Sorghum oder Reis
- eine Proteinpflanze, meistens eine Leguminose
- eine Ölpflanze zum Kochen
- eine Faserpflanze zur Kleiderherstellung, z.B. Baumwolle
- und kleine Mengen an Gartenpflanzen für Medizin, als Gewürz oder Färbepflanze

Beets schätzt das mindestens 15 verschiedene Pflanzen zur optimalen Eigenversorgung angebaut werden müssten. Um Handel betreiben zu können, muss zudem ein gewisser vermarktbarer Überschuss erzeugt werden. Ist dies gegeben kann ein Teil der Bedürfnisse, meist Kleidung, auf dem Markt, durch Handel oder Kauf gedeckt werden.

Zwar handelt es sich bei den hier vorgestellten Bewirtschaftungsformen um sehr ursprüngliche Systeme, die grundsätzlich das Ziel der subsistenzorientierten Lebensweise verfolgten, jedoch ist heute zunehmend ein Wandel hin zu einer mehr marktorientierten Lebensweise zu verzeichnen.

Die meistpraktizierten Formen der Ackerbauwirtschaft, sind der Trocken- respektive Wanderfeldbau, der Bewässerungsfeldbau sowie der Regenfeldbau, auch „Shifting Cultivation“ genannt.

2.3.1 Trocken- bzw. Wanderfeldbau

Der Wanderfeldbau zählt zu den ältesten Agrarsystemen der Erde. Nach Schätzungen der FAO ernähren sich etwa 250 Millionen Menschen auf diese urtümliche Weise (Weischet, 1981, S.22 zit. nach Arnold, 1985, S.193). Unterschieden wird zwischen dem Wanderfeldbau, bei dem sowohl die Anbauflächen als auch die Siedlungen verlegt werden, und der Landwechselwirtschaft, bei der die Siedlungen dauerhaft Bestand haben. Beiden gemeinsam ist die Rotation der Felder anstelle der Feldfrüchte. Auf kurze Anbauperioden von ein bis drei Jahren folgt eine lange Bracheperiode von sechs bis acht, oft von mehr als zwanzig Jahren zur Regeneration der Bodenfruchtbarkeit durch Sekundärvegetation. So kann auch ein Teil der im Brachejahr fallenden Niederschläge im Boden gespeichert werden, was zu einer Ertragssteigerung beim Getreide führt (Andreae, 1983, S.236). Zur Bodenbearbeitung wird fast ausschließlich menschliche Arbeitskraft aufgewendet, der Boden wird nur mit Axt, Hacke und Buschmesser bearbeitet. Gegen Ende der Trockenzeit wird die natürliche Vegetation abgebrannt und nach dem ersten Regen die Samen mit Hilfe eines Grabstocks in den Boden eingebracht. Als erste Frucht werden meist Getreide und Hülsenfrüchte eingesät, vorwiegend Hirse und Mais. Die Kulturpflanzen bestehen fast nur aus Getreide, da alle Blattfrüchte mit Ausnahme der Erdnuss zu hohe Wasseransprüche stellen. Nimmt die Fruchtbarkeit des Bodens ab, erfolgt der Anbau von Knollenfrüchten, meist Yams und Maniok.

Die Selbstversorgung ist heute nicht mehr das alleinige Produktionsziel. Durch den starken Anstieg der Bevölkerung und die erhöhte Nachfrage nach Marktfrüchten als Folge der raschen Verstädterung mit veränderten Konsumgewohnheiten erfolgt auch immer stärker der Anbau von Marktfrüchten, wie Kakao, Kaffee, Tabak oder Baumwolle. Das Hauptproblem dieser Anbauform ist der hohe Landbedarf, der durch die zunehmende Bevölkerung immer knapper wird und dadurch die Brachezeiten so verkürzt werden müssen, dass sie nicht mehr für die Bodenregeneration ausreichen. Dies führt zur Verarmung der Böden an Nährstoffen, Verkrustung des Bodens und einer Abnahme der Erträge (Arnold, 1985, S.192-204).

2.3.2 Bewässerungsfeldbau

Der Bewässerungsfeldbau erfolgt hauptsächlich in den Regionen der inneren Tropen, vor allem in Asien, die über reiche Wasservorräte und ganzjährig ausreichende Temperaturen verfügen. In Afrika werden nur rund zehn Prozent der Ackerbaufläche bewässert, vorwiegend an den Flussufern des Nils. Die wesentliche Funktion dieser Anbaumethode liegt in der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Die über dem Boden stehende Wasserschicht übernimmt zum Teil die bodenschützende Funktion des Waldes, außerdem schützt das Wasser die organische Substanz vor zu schnellem Abbau und führt dem Boden Nährstoffe zu. Hauptanbauprodukt ist der Nassreis, die einzige Feldfrucht, die in den Tropen seit Jahrhunderten auf der gleichen Fläche ohne Fruchtfolge und Düngung angebaut wird.

Die Vorteile des Bewässerungsfeldbaus liegen im erhöhten Ertrag pro Fläche, im Anbau mehrerer Kulturen pro Jahr, einer dauerhaften Bodennutzung ohne Brachejahre und dem Ausgleich von Ernteschwankungen. Allerdings erfordert diese Anbauform einen hohen technologischen und materiellen Aufwand für Wassergewinnung und Beschaffung. Die Beschaffung des Wassers erfolgt aus Flüssen, Grundwasser und durch Speicherung von Regenwasser. So ermöglicht diese Form eine ganzjährige Nutzpflanzenproduktion und den Anbau sowohl langlebiger, mehrjähriger Kulturpflanzen wie Zuckerrohr, als auch kurzlebiger Kulturpflanzen wie Reis, Gemüse und Batanen. Auf diese Weise kann eine gleichmäßigere Nahrungsversorgung für Mensch und Tier gewährleistet werden. Besonders für dicht besiedelte Staaten und bodenarme Bauernbetriebe ist die Steigerung der Erntehäufigkeit von Vorteil. Je länger die Vegetationszeit und je größer die Wasservorräte, umso höher kann der Ackernutzungsgrad sein. So lassen sich – bedingt durch das jährlich mehrmalige Ernten – für einige Getreidearten bis zu dreimal höhere Erträge erzielen als auf einer vergleichbaren Fläche in Deutschland (Andreae, 1983, S175-185).

2.3.3 Shifting Cultivation

Das größte Problem fast aller Böden der feuchten Tropen ist das rasche Absinken der Bodenfruchtbarkeit bei zunehmender Dauer der Ackernutzung mit gleichzeitig zunehmenden Unkrautwuchs und Bodenstrukturzerfall. Das System der „Shifting Cultivation“, auch Waldbrandwirtschaft oder Regenfeldbau genannt, wird noch heute angewendet. Für diese Form der Bewirtschaftung werden beträchtliche Bodenflächen benötigt, da nur etwa fünfzehn bis fünfundzwanzig Prozent des Bodens überhaupt nutzbar sind. So werden mehr als vierzehn Hektar Fläche pro Kopf benötigt, davon zwei bis vier Hektar als Anbaufläche und zehn bis zwölf Hektar als Regenerationsbrache. Daher verzeichnete die FAO schon 1974 eine Beanspruchung von 3,6 Milliarden Hektar Fläche zur Ernährung von rund 250 Millionen Menschen, welche in den letzten Jahrzehnten weiter kontinuierlich stieg (FAO, 1974).

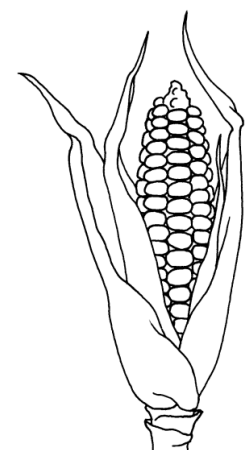
Dieser hohe Bedarf führt zu Problemen vor allem in dicht besiedelten Gebieten, da zur Ernährungssicherung mehr Ackerland benötigt und dafür oft die Bracheperiode verkürzt wird, was zu einer unvollkommenen Regeneration der Bodenfruchtbarkeit und im Extremfall sogar zu entarteten Brachwald führen kann.

Für eine Bewirtschaftung wird der Wald mit Hilfe von Buschmesser und Feuer gerodet, die Fläche für maximal vier Jahre ackerbaulich genutzt und sobald die Erträge sinken dem Urwald für einige Jahrzehnte zur Regeneration der Bodenfruchtbarkeit überlassen. Zudem gibt es nur wenige kurzlebige Feldfrüchte, die unter dem feuchtheißen Klima gedeihen. Als Wurzelfrüchte werden Maniok, Batanen und Yams angebaut. Dies sind jedoch typische Selbstversorgungsfrüchte. Nur Reis und Mais, bei genügender Wasserversorgung, kommen als vermarktungsfähige Fruchtformen in Betracht (Andreae, 1983, S. 154-175).

3 Traditionelle pflanzliche Grundnahrungsmittel in ausgewählten Regionen Afrikas und deren diätetische Bewertung

Nachdem wie in Kapitel 2.2.4 ausgeführt ein auf der Viehwirtschaft basierender Konsum tierischer Nahrungsmittel weniger zu Mangelerscheinungen führt, soll das folgende Kapitel sich mit dem Anbau einiger für Afrika typischer als Grundnahrungsmittel dienender Getreide- und Wurzelgemüse beschäftigen. Je nach den klimatischen Bedingungen wird eine der im vorhergehenden Kapitel beleuchteten Anbauarten angewendet. Eine Bewertung der primär stärkehaltigen Pflanzen und damit entstehenden möglichen Mängeln erfolgt in den jeweiligen Abschnitten.

3.1 Mais als traditionelles Grundnahrungsmittel am Beispiel der Republik Südafrika



3.1.1 Ernährung auf der Basis von Mais

Mais ist gemessen am Produktionsvolumen die wichtigste Getreideart und somit Grundnahrungsmittel auf dem afrikanischen Kontinent. Zu den größten Produzenten gehören die Republik Südafrika, Ägypten, Kenia und Nigeria. Rund ein Drittel der jährlichen Produktion Afrikas, von ungefähr 30 Millionen Tonnen, wird durch Südafrika erwirtschaftet (FAO Yearbook, 2004). Dies erklärt auch die relativ hohe Deckung des Energiebedarfs durch Mais, der bei rund 955 kcal pro Person und Tag liegt. Der Konsum von Mais erlangte allerdings in den letzten Jahren vor allem durch die Urbanisierung und veränderten Lebensstil immer geringere, der Verzehr

von Weizen hingegen immer größere Bedeutung. Schon heute wird in Südafrika der Energiebedarf mit rund 465 kcal pro Person und Tag durch Weizen gedeckt (FAO Yearbook, 2005-2006)).

Mais stammt ursprünglich aus Zentralamerika, wo er bereits vor rund 7000 Jahren im heutigen Mexiko und Südwesten der USA kultiviert wurde. Zu Beginn des 16. Jahrhunderts gelangte er durch die portugiesische Kolonialisierung nach Afrika, wo er vor allem in Süd- und Ostafrika Verbreitung fand.

Bei der Nutzung gibt es große Unterschiede: während in Entwicklungsländern Mais vor allem als Nahrungsmittel angebaut wird, dient es in den entwickelten Ländern vor allem als Tierfutter und dem industriellen Gebrauch (Franke, 1984).

3.1.2 Anbau, Erntetechnik, Erträge und Lagerung von Mais

Systematisch gehört Mais zur Familie der Süßgräser (*Poaceae*), wobei Mais die einzige Art der Gattung *Zea* darstellt. Eine innerartliche Gruppierung der Maisformen erfolgt nach bestimmten Kornmerkmalen. So unterscheidet man in: Puffmais (*Zea mays microsperma*); Hartmais (*vulgaris*) als die wertvollste Maisform für die menschliche Ernährung; Zahnmais (*dentiformis*), Weichmais (*amylaceas*) und Zuckermais (*saccharata*). Tabelle 2 gibt einen kurzen Überblick über die unterschiedlichen Stärke- und Eiweißgehalte sowie der Kornmasse dieser Maisformen.

Tab. 2: Stärke- und Eiweißgehalt verschiedener Maissorten

	Tausendkornmasse in g	Stärkegehalt im Endosperm in %	Eiweißgehalt in %
Puffmais	80-130	62-72	10-14
Hartmais	100-700	65-83	8-18
Zahnmais	300-500	68-78	20
Weichmais	k.A.	71-83	7-12
Zuckermais	240-310	k.A.	k.A.

(Quelle: nach Franke, 1984)

Auch wenn Afrika weit mehr Fläche für den Anbau von Mais zur Verfügung stellt, liegen die Erträge bedingt durch mangelnde Verfahrenstechniken und dem Fehlen von ertragsreichen Maissorten und Dünger bei nur etwa einem Viertel des Ertrages der Industrieländer. Laut FAO wurden im Jahre 2005 rund 700 Millionen Tonnen Mais geerntet. Damit liegt Mais vor Weizen (629,6 Mio. t) und Reis (618,4 Mio. t). Traditionell wird Mais in Verbindung mit anderen Feldfrüchten angebaut. So gedeihen auf demselben Acker auch Yams, Baumwolle oder Erdnuss. Die Feldbestellung und Aussaat erfolgt nicht immer zur richtigen Zeit, ein Jäten ist schwierig und zum Ernten wird viel Zeit benötigt. Auch erfolgt die Ackerpflege ohne technische Geräte, eine Hacke lockert nur schlecht den Boden, was dazu führt, dass die Wurzeln nicht tief genug in die Erde eindringen können um sich genügend mit Wasser und Mineralstoffen versorgen zu können. Dies und auch die mangelnde Düngung des Bodens hat sehr geringe Erträgen und eine schnelle Abnahme der Bodenfruchtbarkeit zur Folge. Die Anbauform der Shifting Cultivation führt dazu, dass die Felder lange brach liegen müssen und ein hoher Zeitaufwand für die Farmer durch das Erschließen neuer Ackerflächen benötigt wird (FAO, 1977a).

Am besten gedeiht Mais bei Durchschnittstemperaturen um 24°C. Wichtig ist eine gesicherte Wasserversorgung, weswegen der Anbau von Mais in Trockenzonen, in denen Sorghum (vgl. Kapitel 3.2.2) noch angebaut werden kann, unmöglich ist. Bedeutender als die Höhe des Niederschlags ist dabei seine Verteilung, da der Wasserverbrauch mit der rasch zunehmenden Blattentwicklung ständig steigt. Der höchste Bedarf besteht zur Zeit der Blüte bis zum Beginn der Kornausbildung. Allerdings treten hohe Ertragseinbußen vor allem durch die Stickstoffverarmung des Bodens und durch eine zu geringe Sonnenintensität auf. Ein Stickstoffmangel im Jugendstadium der Pflanze führt zur Verminderung der Anzahl der Kornreihen, was durch spätere Stickstoffdüngung nicht mehr ausgeglichen werden kann. Eine Düngung wiederum erhöht zwar den Kornertrag und den Proteingehalt, jedoch sinkt die Wertigkeit des Eiweißes, da die essenziellen Aminosäuren Lysin, Methionin und Tryptophan weniger stark zunehmen als das Gesamtprotein (Franke, 1984).

Die Ernte und das Schälen der Maisähre erfolgt in Entwicklungsländern noch immer per Hand. Zur Grünfuttergewinnung wird die Pflanze zu Beginn der Blüte eingebracht, da sie zu diesem Zeitpunkt ihre höchste Nährstoffleistung erreicht hat und die Verholzung noch gering ist. Die Einholung des Maises als Körnermais für die menschliche Ernährung erfolgt vollreif, wenn die Körner hart und glänzend gewor-

den sind (Franke, 1984). Der Feuchtigkeitsgehalt des Maiskorns sollte zur Ernte zwischen 18 und 24 Prozent liegen, da ein höherer Gehalt zu Beschädigung des Korns führt und eine langfristige Lagerung verhindert.

Für eine lange Lagerung ohne Qualitätsverschlechterung und zur Verbeugung eines mikrobiellen Befalls der Ernte durch *Aspergillus*-Arten sind die Trocknung und Lagerung bei geringen Temperaturen sowie eine gute Durchlüftung von entscheidender Bedeutung. Hierfür werden die Maiskolben in überdachten Trockengerüsten aufgehängt, bis ein gesicherter Feuchtigkeitsgehalt von zwölf Prozent bei 30°C oder vierzehn Prozent bei 10°C erreicht ist. Durch falsche Trocknung, Lagerung und den Befall von Pilzen und Insekten beträgt der Nachernteverlust bis zu 30 Prozent (Herum, 1987).

3.1.3 Typische Verwendungs- und Verarbeitungsmethoden von Mais

Mais wird in den unterschiedlichsten Formen und Zubereitungsvarianten in den verschiedenen Teilen der Welt konsumiert. So findet es u.a. Verwendung als Maisgrütze, Polenta, Maisbrot, Popcorn, Maismehl oder Maisflakes.

Typisch für den afrikanischen Kontinent ist die Zubereitung von Ogi, einem Brei aus fermentiertem Mais. Dazu werden die Maiskörner für ein bis drei Tage in Wasser eingeweicht und anschließend gemahlen. Danach erfolgt die Siebung der Kleie mit reichlich Wasser, um das Endosperm auszuwaschen sowie eine Fermentierung für bis zu 72 Stunden. Der so entstehende dünne Brei ergibt dann gekocht das typische Ogi. Die Fermentierung des Maises führt zu geringen Veränderungen der chemischen Beschaffenheit und des Nährwertes. So erhöht sich der Gehalt an Riboflavin und Niacin. Ein gesteigerter Gehalt an Aminosäuren kann jedoch nicht festgestellt werden. Allein der Gehalt an Serin und Glutaminsäure ist leicht erhöht, der an Lysin signifikant verringert. Der Tryptophangehalt bleibt jedoch unverändert (Akinrele, 1970). Der sehr niedrigen Proteingehalt und die schlechte Qualität der Ogi-Produkte ist auf die Entfernung des Keimlings bei der Zubereitung und auf den Aminosäurebedarf einiger für die Fermentation verantwortlicher Mikroorganismen zurückzuführen.

Typisch für das südliche Afrika ist auch die Zubereitung eines Maisbreis aus Maismehl und Wasser, in Zimbabwe Sadza genannt, welcher vorwiegend aus weißem

Mais zubereitet wird. Weißer Mais enthält jedoch nur wenige oder gar keine Carotinoide. Der daraus entstehende Mangel soll im nächsten Kapitel näher beleuchtet werden.

Im Unterschied zu der oben beschriebenen typisch afrikanischen Maismehlzubereitung ist für die Region Zentralamerikas, insbesondere Mexikos, die Zubereitung von Maismehl mit gebranntem Kalk (Kalziumoxid) zu Tortillas, genannt *nixtamal*-Herstellung charakteristisch. Dazu wird das ganze Maiskorn unter Kalkzugabe für zwanzig bis fünfundvierzig Minuten auf 80°C erhitzt und über Nacht zum Ruhen und Abkühlen stehen gelassen. Danach werden die Maiskörner mehrmals mit Wasser gewaschen und anschließend gemahlen, wobei sich die harten Schalen vom Korn lösen und so entfernt werden können. Aufgrund der beschriebenen Kalkbeigabe, dem Alkanisationsprozeß, bei der *Nixtamalización* des Mais, kann die Mangelkrankung Pellagra nicht entstehen (Kaller-Dietrich, o.J.). Denn erst die Kalkbeigabe bei der Zubereitung schließt die darin enthaltene Nikotinsäure, das Niacin, auf. Pearson et al. stellten jedoch fest, dass auch das Kochen von Mais in Wasser ohne Kalkzugabe die Verfügbarkeit von zuvor gebundenem Niacin erhöht (Pearson et al., 1957). Dies lässt den Schluss zu, dass die durch die Kalkbeigabe verbesserte Verfügbarkeit von essentiellen Aminosäuren, auch von Tryptophan, verantwortlich für den positiven Effekt bei der Verfügbarkeit von Vitamin B3 ist (Bressani et al., 1961). Auch erhöht diese Herstellungsmethode den Aschegehalt der Nahrung, da vor allem große Mengen Kalzium in die Nahrung übergehen. So ändert sich das Kalzium-Phosphor-Verhältnis von 1:20 im Maiskorn auf 1:1 in Tortillas. Neben all diesen positiven Effekten hat diese Methode jedoch auch einen negativen Einfluss auf bestimmte Inhaltsstoffe. So sinken der Gehalt an Rohfaser, den Vitaminen Thiamin, Riboflavin und Niacin, sowie der Gehalt an Carotinoiden, die durch den Prozess ausgespült werden.

3.1.4 Charakteristische, limitierende und schädliche Inhaltsstoffe des Maiskorns

Bedingt durch die vielen verschiedenen Maissorten und den Einfluss von Umweltfaktoren, wie Boden und Klima, sowie der unterschiedlichen Anbaumethoden, ist es schwierig einen allgemeinen Überblick über die Inhaltsstoffe zu geben. An dieser Stelle sollen jedoch zumindest die typischen Inhaltsstoffe des Maiskorns abrisshaft dargestellt werden.

Allgemein unterteilt sich das Maiskorn in seinem Aufbau in die Hauptbestandteile Perikarp, Endosperm und den Keimling. Die Fruchtschale besteht überwiegend aus Rohfaser, welche aus zwei Dritteln Hemizellulose und einem Drittel Zellulose aufgebaut ist. Der Anteil an Lignin ist mit rund 0,1 Prozent sehr gering. Das Endosperm in seiner Funktion als Nährgewebe für den Keimling ist durch einen sehr hohen Gehalt an Stärke charakterisiert, welcher bei ungefähr 88 Prozent liegt. Des Weiteren enthält es einen Proteingehalt von 8 Prozent. Der Keimling weist einen relativ hohen Gehalt an Rohfett auf, welcher bei ca. 33 Prozent liegt, sowie einen Proteinanteil von in etwa 18 Prozent (FAO, 1992a).

Der Hauptbestandteil des Maiskorns mit einem Gewichtsanteil von rund 72 Prozent ist Stärke. Die Zusammensetzung der Stärke ist genetisch geregelt und enthält in gewöhnlichem Mais etwa 75 Prozent Amylopektin und 25 Prozent Amylose. Andere Einfachzucker wie Glukose und Fruktose sind nur zu sehr geringen Anteilen enthalten.

Zweitwichtigster Bestandteil des Korns sind die Proteine, mit einem Gewichtsanteil von rund 10 Prozent. Unterteilt werden die Proteine nach ihrer Löslichkeit, wobei Albumine, Globuline und nicht-proteinogener Stickstoff ungefähr 18 Prozent des Gesamtstickstoffs im Korn ausmachen. Die Prolaminfraktion beträgt rund 52 Prozent am Gesamtstickstoff und die Glutelinfraktion etwa 25 Prozent. Zein, ein Bestandteil der Prolaminfraktion, enthält sehr geringe Mengen an Lysin und Tryptophan, wohingegen die Albumin-, Globulin- und Glutelinfraktionen relativ hohe Gehalte der beiden Aminosäuren aufweisen. Die Qualität der Nahrung aus Mais wird durch die Aminosäurezusammensetzung seines Proteins im ganzen Korn bestimmt. Auffallend dabei ist der Mangel an essentiellen Aminosäuren Lysin und Tryptophan, welcher vor allem im Falle des Tryptophans zu ausgeprägten Mangelerscheinungen führt, auf die später näher eingegangen werden soll. Verglichen mit dem Referenzprotein Casein ergibt sich wie bei anderen Getreiden, außer Reis, eine

sehr geringe biologische Wertigkeit, die bei etwa einem Drittel liegt. Der Fettgehalt im Maiskorn wird vor allem durch dessen hohe Konzentration im Keimling bestimmt. Sein Gesamtfettgehalt variiert zwischen 3 und 18 Prozent. Daraus gewonnenes Maisöl besitzt nur einen geringen Anteil an gesättigten Fettsäuren, wobei Palmitinsäure mit rund 11 Prozent den höchsten Anteil ausmacht. Der Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren ist dagegen relativ hoch. Den höchsten Anteil hat dabei Linolsäure mit durchschnittlich 24 Prozent am Gesamtgehalt, gefolgt von Ölsäure. Durch den nur sehr geringen Anteil an Linolensäure und den hohen Anteil an natürlichen Antioxidantien ist das Öl relativ stabil gegen Autooxidation (FAO, 1992a).

Der Mineralstoffgehalt liegt bei rund 1,3 Prozent, wobei die größten Konzentrationen im Keimling zu finden sind. Hier sind in etwa 78 Prozent des Gesamtmineralstoffgehalts des Maiskorns, vor allem Phosphor und Kalium, enthalten. Wie viele andere Getreidearten weist Mais eine niedrige Konzentration an Kalzium auf, die jedoch durch die Verarbeitung unter Kalkzugabe verbessert werden kann. Der Gehalt an Spurenelementen ist auch als niedrig zu bewerten. Durch den hohen Gehalt an Phytinsäure im Keimling ist die Bioverfügbarkeit einiger Mineralstoffe eingeschränkt, da diese zu einer Komplexbildung im Darm führt und so eine Absorption vor allem von Eisen und Zink vermindert wird (Manary et al., 2002).

Das Maiskorn enthält zwei fettlösliche Vitamine. Zum einen Vitamin E, vorwiegend im fettreichen Keimling und zum anderen Provitamin A, in Form von Carotinoiden, welches vor allem im Endosperm zu finden ist. Jedoch enthält weißer Mais, welcher hauptsächlich konsumiert wird, nur sehr geringe oder gar keine Carotinoide. Hauptcarotinoid, mit einem Anteil von ungefähr 51 Prozent ist Cryptoxanthin, sowie β -Carotin mit etwa 22 Prozent (Squibb et al., 1957). Wasserlösliche Vitamine sind vor allem in der Aleuronschicht sowie im Keimling zu finden. Ihr variabler Anteil wird vor allem durch Umwelteinflüsse und weniger durch das Erbgut bestimmt. So enthält das Korn vorwiegend Thiamin und Riboflavin. Von großer Bedeutung ist der Gehalt an Niacin, welcher im Schnitt bei 20 μ g pro Gramm liegt, jedoch in gebundener Form vorliegt. Mais enthält kein Vitamin B12 und nur sehr geringe Mengen an Ascorbinsäure und anderen Vitaminen.

3.1.5 Bewertung der Diät und auftretende Fehl- und Mangelerscheinungen bei der Ernährung mit Mais

Die Verarbeitung des Korns spielt für die letztendlichen Nährstoffgehalte der Kost eine entscheidende Rolle. Die Entfernung des Keimlings durch das Mahlen führt zu einem Verlust an Fettsäuren in der Nahrung sowie zu einer veränderten Aminosäurezusammensetzung, da sich die Proteine der einzelnen Fraktionen des Maiskorns, wie aus Tabelle 3 ersichtlich, stark voneinander unterscheiden.

Tab. 3: Gehalt essentieller Aminosäuren in Endosperm und Keimling des Maiskorns

Aminosäuren	Endosperm ^a		Keimling ^b		FAD/WHO Vorgabe
	mg %	mg/g N	mg %	mg/g N	
Tryptophan	48	38	144	62	60
Threonin	315	249	622	268	250
Isoleucin	365	289	578	249	250
Leucin	1 024	810	1 030	444	440
Lysin	228	180	791	341	340
Summe schwefelhaltiger Aminosäuren	249	197	362	156	220
Phenylalanin	359	284	483	208	380
Tyrosin	483	382	343	148	380
Valin	403	319	789	340	310

^a1.16 Prozent N

^b2.32 Prozent N

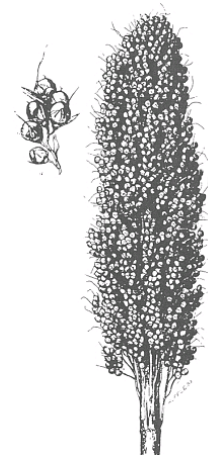
(Quelle: nach Orr/ Watt, 1957)

Vergleicht man die Gehalte der einzelnen essenziellen Aminosäuren in den verschiedenen Teilen des Maiskorns, so ist zu erkennen, dass die Verteilung im Keimling ausgeglichener und höher als im Endosperm ist. Der Aminosäuregehalt reicht jedoch nicht aus, um die Qualität des Gesamtproteins für die menschliche Ernährung als ausreichend zu bewerten, da vor allem die zuerst limitierenden Aminosäuren Tryptophan und Lysin nicht in genügender Menge im Gesamtkorn enthalten sind und so eine Synthese von Niacin aus Tryptophan im Körper nur eingeschränkt statt-

finden kann. Ein weiteres Problem ist die Tatsache, dass das im Maiskorn enthaltene Niacin gebunden ist und somit nicht vom Körper absorbiert werden kann. In West- und Südafrika, wo Mais erst in den letzten Jahrhunderten Verbreitung fand und die Herstellungsmethode der „*Nixtamalización*“ nicht bekannt ist, führt der hohe Konsum zu einer weiten Verbreitung der Krankheit Pellagra. Ein Mangel an Niacin führt so zu Symptomen wie Diarrhoe, Dermatitis und bei langfristigem Mangel zu Demenz.

Durch den geringen Gehalt an Vitamin A, Eisen und Zink sind vor allem Kinder von einem Mangel betroffen. So ergab eine nationale Erhebung in Südafrika, dass 33 Prozent der Kinder im Alter von 6-71 Monaten an einem Vitamin A-Mangel leiden und bei 21 Prozent der Kinder eine Anämie auftritt, wobei vor allem die Kinder zwischen dem 6. und 23. Monat davon betroffen sind. Auch wiesen an einer anderen Studie teilnehmende Kinder im Alter zwischen 6 und 12 Monaten zu 47 Prozent eine zu geringe Serum-Zink-Konzentration auf (SAVACG, 1994).

3.2 Sorghum als traditionelles Grundnahrungsmittel am Beispiel Nigeria



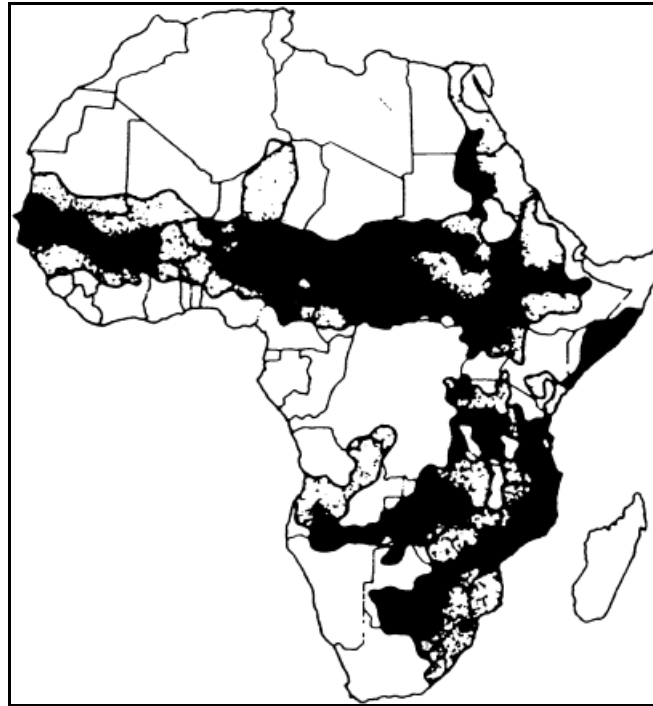
3.2.1 Ernährung auf der Basis von Sorghum

Nach Mais ist Sorghum das zweitbedeutendste Grundnahrungsmittel auf dem afrikanischen Kontinent und nach Weizen, Mais, Reis und Hirse das fünftwichtigste Getreidekorn auf der Welt. Während der Nahrungsmittelverbrauch anderer Getreide während der letzten 35 Jahre beträchtlich gestiegen ist, stagnierte der des Sorghums. Dies liegt hauptsächlich daran, dass Sorghum zwar ernährungsphysiologisch gut mit anderen Cerealien vergleichbar ist, es aber in vielen Ländern als ein minderwertiges Korn angesehen wird. Der Pro-Kopf-Verbrauch des Sorghums ist in den Ländern hoch, in denen das Klima nicht die ökonomische Produktion anderer Getreide erlaubt und in welchen das Pro-Kopf-Einkommen verhältnismäßig niedrig ist. Dies schließt vor allem die Länder südlich der Sahara ein wie Nigeria, Sudan, Äthiopien und Somalia. In diesen Staaten liegt der durchschnittliche Pro-Kopfverbrauch des Sorghums bei bis zu 100 Kilogramm pro Jahr (FAO, 1995). Mehr als 95 Prozent des Gesamtverbrauchs an Sorghum fällt auf die Länder Afrikas und Asiens. In Afrika wird der Kalorienbedarf oft zum großen Teil durch Sorghum gedeckt, so z.B. in Burkina Faso, wo Sorghum 45 Prozent der jährlichen Kalorienzufuhr ausmacht, obgleich der Anteil von 55 Prozent seit den frühen sechziger Jahren gesunken ist (Taylor, 2003). Vorhandene Daten von Afrika zeigen, dass trotz einer Zunahme des Gesamtnahrungsmittelverbrauches zwischen den frühen sechziger Jahren und Mitte der achtziger Jahre der durchschnittliche Pro-Kopf-Verbrauch von Sorghum von 20 auf 15 Kilogramm pro Jahr gesunken ist (Taylor, 2003). Die Abnahme des Pro-

Kopfverbrauches vieler Länder war zum Teil auf veränderte Verbrauchergewohnheiten zurück zu führen, die durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst wurden: zum einen die steigende Urbanisierung, die benötigte Zeit und verbrauchte Energie bei der Zubereitung von Sorghum, ein mangelnder Binnenmarkt und mangelnde Verfahrenstechniken. Vor allem in den Städten sank deshalb der Pro-Kopf-Verbrauch, in den ländlichen Regionen blieb er hingegen konstant. Zusätzlich hatte die nationale Politik einiger Länder einen negativen Einfluss auf Sorghum als Nahrung. So wurde zum Beispiel der Import von billigen Weizen und Reis subventioniert, was ebenfalls negative Auswirkungen auf die Produktion von Sorghum hatte.

Sorghum stammt ursprünglich aus Ostafrika, ihr genetisches Herkunftszentrum liegt im heutigen Äthiopien. Es wurde im südsaharischen Afrika domestiziert, wobei mindestens fünf Hauptarten entstanden. Ab ca. 2000 v. Chr. lässt sich Sorghum auch in Zentralindien nachweisen, zusammen mit anderen afrikanischen Kulturpflanzen wie Lablab (*Lablab purpureus*) und der Augenbohne (*Vigna unguiculata*). Eine der ältesten Rassen – *Durra* – wurde bereits vor mehr als 4000 Jahren in Ägypten verzehrt. Durra-Sorghum ist noch immer das Hauptnahrungsmittel am Horn von Afrika. Das Verbreitungsgebiet des *Caudatum*-Sorghums hingegen liegt zwischen Ostnigeria dem Tschad und Westsudan, die Region von Westnigeria nach Senegal ist der Ursprung des *Guinea*-Sorghums und das Verbreitungsgebiet des *Kafir*-Sorghums liegt im Gebiet zwischen Tansania und Südafrika. Die wohl bekannteste Art, *Sorghum bicolor*, hat ihr Verbreitungsgebiet vor allem in Äthiopien und dem Sudan (Franke, 1984). Eine Übersicht gibt Abbildung 4:

Abb. 4: Verbreitung von Sorghum in Afrika



(Quelle: Lost Crops of Africa Vol.1)

3.2.2 Anbau, Erntetechnik, Erträge und Lagerung von Sorghum

Systematisch gesehen gehört Sorghum zur Familie der Süßgräser (*Poaceae*) und ist im Habitus dem Mais ähnlich. Der Blütenstand ist eine Rispe, die je nach der Länge der Hauptachse und der Seitenzweige sehr verschieden ausgebildet sein kann. Es gibt lockere Rispenformen und andere, bei denen die Rispe zu einem dichten Kolben zusammengezogen ist. Zur Reifezeit ragen die Körner, die rund oder seitlich abgeflacht und von weißer oder rötlicher bis brauner Farbe sein können, aus den Spelzen heraus. Ihr Durchmesser beträgt vier bis acht Millimeter. Sorghum-Hirsen haben ein ausgedehntes Faserwurzelsystem, das wie bei allen Gräsern aus den unteren Halmknoten gebildet wird (Adventivwurzeln). Seitlich können sich die Wurzeln bis zu 1,50m ausbreiten. Die meisten sind einjährige Pflanzen, einige sind mehrjährig. Im Allgemeinen besitzen die Sorten einen einzelnen Stängel, aber einige neigen zu Bestockung oder Verzweigung. Bei niedrigen Sorten können die Bestockungstriebe höher als der Haupthalm sein. Die Halme der Pflanzen sind normalerweise aufge-

richtet und können trocken oder saftig sein, wobei der Saft entweder geschmacklos oder süß ist. Einige Sorten besitzen einen besonders hohen Zuckergehalt im Mark und werden deshalb zur Sirupgewinnung angebaut oder die süßen Halme werden gekaut. Auch zur Zeit der Fruchtreife hat das Stroh, das erst spät abzusterben beginnt, infolge des Gehaltes an Zuckern im Mark der Halme noch einen hohen Futterwert (Franke, 1984).

Rund ein Drittel der jährlichen Weltproduktion von sechzig Millionen Tonnen Sorghum wird in Afrika angebaut. In den letzten 25 Jahren konnte der Ertrag hier von 11,6 Millionen Tonnen auf 20,9 Millionen Tonnen gesteigert werden (FAO, 2003). Dieser Anstieg konnte jedoch nur durch eine vergrößerte Anbaufläche erreicht werden. Trotzdem liegt der Ertrag, bedingt durch den weiterhin traditionellen Anbau ohne organische Dünger und Pestizide und den Mangel an Regen, weiter bei unter einer Tonne pro Hektar (ICRISAT, 1996). Im Durchschnitt (1992-94) lag die Produktivität auf den Kontinenten bei 0.8 t/ha in Afrika, 1.2 t/ha in Asien, über 4 t/ha in Nordamerika und über 5 t/ha in Europa. Die Mehrzahl der Kleinbauern in den semiariden Gebieten Afrikas produzieren nicht genügend Sorghum um die Familie über das ganze Jahr versorgen zu können. Sie sehen den Getreideanbau im Allgemeinen als ein nicht rentables Gewerbe an, investieren demzufolge vorwiegend in Viehzucht, und bemühen sich nicht um Ertragssteigerung. Die Ernte dient daher fast ausschließlich der Eigenversorgung, eine industrielle Verarbeitung und Vermarktung ist meist nicht möglich (FAO, 1996).

Exemplarisch für die Entwicklung der landwirtschaftlichen Situation und damit auch des Sorghumanbaus kann das mit rund 132 Millionen Einwohnern bevölkerungsreichste Land Afrikas, Nigeria, angesehen werden, in dem die Entwicklung der Landwirtschaft aufgrund der zunehmenden Bedeutung der Erdölindustrie immer mehr vernachlässigt wurde. Deshalb konnten die Erträge mit dem Bevölkerungswachstum nicht mehr mithalten, weswegen das Land seitdem immer stärker von Nahrungsmittelimporten abhängig ist. So werden in Nigeria von den geschätzten 71 Millionen Hektar Ackerland, von denen nur fünfzig Prozent genutzt werden, heute zu rund zwei Dritteln durch traditionelle Kleinbauern bewirtschaftet. Dabei erfolgt vor allem im von wenig Niederschlag geprägten bevölkerungsreichen Norden der Anbau von trockenresistenten Feldfrüchten wie Sorghum, Millet, Baumwolle und

Erdnuss, außerdem sind hier Viehhaltung und Agropastoralismus weiterhin stark verbreitet.

Hauptanbaugebiet für Sorghum ist der nordwestliche Teil Afrikas, wobei das soeben erwähnte Nigeria, der Sudan, Äthiopien und Burkina Faso rund siebzig Prozent des Gesamtertrags Afrikas erwirtschaften. Diese Region ist durch ein semiarides Klima charakterisiert, in der andere Getreidearten einen noch geringeren Ertrag aufweisen. Aber auch in Ostafrika, einer subtropischen Region mit höherem Niederschlag, charakterisiert durch kurze starke Regenperioden, ist Sorghum ein wichtiges Anbauprodukt.

Sorghum ist von entscheidender Wichtigkeit zur Nahrungssicherung in Afrika, da es als einziges Getreide trockenresistent ist und lange Dürreperioden überstehen kann. Entscheidend dafür ist, dass Sorghum die Funktion der Spaltöffnungen selbst nach längerem starkem Welken vollständig wiederherstellen kann, während z.B. bei Mais die Stomata nach etwa einwöchigem Welken die Reaktionsfähigkeit einbüßen und so trotz erneuter Wasserversorgung die Assimilation beeinträchtigt bleibt (Franke, 1984, S.101). Des Weiteren besitzt die Pflanze den Mechanismus bei Stress ihre Transpiration zu verringern, indem sie ihre Blätter einrollt, die Spaltöffnungen schließt oder ihre metabolischen Prozesse verringert. Die außergewöhnliche Physiologie macht sie zu einer der widerstandsfähigsten Pflanzen. So können zum Beispiel einige Sorten starkem Regenfall widerstehen, sogar über einige Wochen im stehenden Wasser überdauern und nach Wasserabfluss ihr Wachstum wieder aufnehmen. Einige Sorten besitzen auch eine gewisse Salztoleranz (Pasternak, 1990). Sorghum ist eine der am schnellsten wachsenden Pflanzen, einige Arten benötigen nur 75 Tage bis zur Ernte, womit bis zu drei Ernten im Jahr möglich sind.

Sorghum wird meistens in den Ländern verbraucht, in denen es angebaut wird. Obgleich ein sehr großer Teil der Sorghumernte in den sechziger Jahren als menschliche Nahrung verwendet wurde, ist seitdem dieser Anteil ständig gesunken und gleichzeitig die Verwendung als Tierfutter von 30 auf 60 Prozent gestiegen. Die Ernte wird hauptsächlich in kleinen Mengen gelagert, da sie vorwiegend der Eigenversorgung dient oder regional gehandelt wird. Meistens wird das ganze Korn gespeichert, da Mehl durch die hohen Temperaturen dazu neigt ranzig zu werden. Die Größe der Vorratsbehälter schwankt von kleinen traditionellen farmeigenen bis hin zu Silos, die manchmal auf großen Bauernhöfen angetroffen werden. In vielen Ländern werden kleine Getreidespeicher gebildet, indem man Materialien wie Bambus,

Stiele, Borke und kleine Äste miteinander verbindet und mit Schlamm oder Dung versiegelt. Sie werden direkt aus dem Grund oder auf Stelzen und Plattformen errichtet. In einigen Ländern Westafrikas wird die Ernte mit Asche gemischt und in Tongefäßen gelagert (Vogel/ Graham, 1979).

In Nigeria wird ungedroschenes Sorghum in gemauerten Behältern, sogenannten Rumbus, gelagert. Für kurzfristige Lagerung werden die Sorghumrispen in Bündeln im Rumbu aufgeschichtet. Hingegen werden für langfristige Lagerung von drei bis sechs Jahren die Rispen einzeln anstatt in Bündeln ausgebreitet. Einige Landwirte bedecken die Unterseite des Rumbu und jede Kornschicht einzeln mit Blättern der Pflanze *Annona senegalensis*. Wenn ein Rumbu voll ist, wird die Öffnung mit Lehm versiegelt. In Uganda wird Sorghum gedroschen in Jutesäcken gespeichert und im Sudan werden Gruben, die 2 bis 5 Tonnen Korn fassen, als unterirdische Speicher genutzt. Ziel der Lagerung ist die Erhaltung der Ernte für den zukünftigen Gebrauch. Sorghum ist ausgesprochen schlecht lagerfähig, da es sehr oft von Schädlingen (Insekten, Vögeln und Nagetiere) befallen wird. Auch die Trocknung der Körner auf einen Wassergehalt von rund 10 Prozent führt zu raschem Verderben, da sie sehr schnell wieder Feuchtigkeit aufnehmen und die dann einsetzende Keimung das Korn als Nahrung unbrauchbar macht. Eine Luftdichte und kühle Lagerung ist daher empfehlenswert. Vorratsbehälter sollten am frühen Morgen gefüllt werden, da die Temperatur und Luftfeuchte dann am geringsten sind. Das Korn sollte dicht gepackt werden, um Insekten wenig Raum zur Bewegung und Fortpflanzung zu geben, oft wird zur weiteren Verringerung der Zwischenräume auch Sand beigemischt. Eine zu lange Lagerung führt allerdings zu einem Verlust an Niacin und Protein im Korn (Pushpamma et al., 1985).

3.2.3 Typische Verwendungs- und Verarbeitungsmethoden von Sorghum

Lebensmittel aus Sorghum können allgemein in zwei Kategorien eingeteilt werden. Zum einen in traditionell hergestellte und zum anderen in industriell verarbeitete Nahrungsmittel. Wie bereits erwähnt, hat die industrielle Verarbeitung nur eine geringe Bedeutung, da primär zur Eigenversorgung angebaut wird.

Sorghummehl und -grieß werden für Brot und graupenähnliche Produkte verwendet. Sorghumbrei, hergestellt aus gekochtem Sorghumgrieß, ist die Hauptnahrung in vie-

len Ländern Afrikas. Das Sorghumkorn wird in Äthiopien neben der Verwendung als Nahrungsmittel auch zur Getränkeherstellung und als Kindernahrung, die Stängel als Brennstoff, Baumaterial und Futtermittel verwendet. Die Nutzung der Sorghumsorten ist farbabhängig. Die hellen Sorten werden zur Herstellung von Brot und Injera (aus Mehlen hergestelltes landestypisches Fladenbrot) genutzt, die dunklen Sorten zur Herstellung alkoholischer Getränke. Lebensmittel aus Sorghum werden hauptsächlich von den Bewohnern auf dem Lande verzehrt. Es ist anzunehmen, dass die eigene Verarbeitung von Sorghum für die Stadtbewohner schwierig ist. Die Sorghumkörner werden teilweise oder ganz durch traditionelle Methoden, wie Mörser und Stößel, geschält und zu Mehl verarbeitet. In den Ländern, wo Reis nicht als Hauptnahrungsmittel verzehrt wird, wird Sorghum ähnlich wie Reis zubereitet. Dabei wird das ganze Korn geschält und die gebrochenen Körner oder Grieße anschließend gekocht. Andererseits können ganze oder geschälte Körner über Nacht in Wasser eingeweicht und erst am nächsten Morgen weiterverarbeitet werden. Das Einweichen der Körner reduziert Kochzeit und Farbintensität der Produkte und verbessert die Qualität, wahrscheinlich wegen einer teilweisen Gärung der Körner. Sorghummehle werden für eine Vielfalt von dampfgekochten Lebensmitteln benutzt. Einige werden aus fermentiertem Sorghummehl (Ogi in Nigeria) und einige aus direkt vermahlenem Sorghummehl (Genfo in Äthiopien) zubereitet. Diese fermentierten und unfermentierten Mehle werden in vielen Ländern mittels Dampf gekocht (Couscous) und gegessen. In vielen afrikanischen Gemeinden spielen Sorghumbiere und -weine eine wichtige soziale Rolle und werden auf festlichen Gelegenheiten, bei Versammlungen oder während Gemeindearbeitsprojekten serviert (FAO, 1995).

3.2.4 Charakteristische sowie limitierende und schädliche Inhaltsstoffe des Sorghumkorns

Die Hauptbestandteile des Sorghumkorns sind Perikarp, Endosperm und Keimling. Es gibt vier Schichten des Perikarps. Die äußere Schicht (Exokarp) des Perikarps wird in Epidermis (häufig pigmentiert) und Hypodermis unterteilt. Die mittlere Schicht (Mesokarp) des Perikarps weist einen dünnen und durchsichtig bis dichteren Aufbau auf und gibt dem Korn ein kreidiges Aussehen. Das Endokarp, das aus

engen und langen Zellen besteht, ist die innere Schicht des Perikaps. Die Testa, welche vorhanden oder nicht vorhanden sein kann, liegt zwischen Perikarp und Endosperm. Sie ist die tanninhaltige Schicht und deshalb entscheidend für den ernährungsphysiologischen Charakter des Kornes. Das Endosperm, allgemein körnig im äußeren Bereich und mehlig im Inneren, bildet den inneren Kern eines Sorghumsamens.

Der Proteingehalt ist in den mehligem Endospermteilen niedrig. Die Stärke kann relativ einfach aus dem mehligem Endosperm gewonnen werden. Der Keim ist an der Seite des Kornes sichtbar und weist einen hohen Ölgehalt auf (vgl. Tab. 4).

Tab. 4: Übersicht über die chemische Zusammensetzung von Sorghumkomponenten

Komponente (i.Tr.)	Ganzkorn in %	Endosperm in %	Keimling in %	Perikarp in %
Protein	12,33	10	1,83	0,5
Fett	3,65	0,6	2,7	0,35
Mineralstoff	1,68	0,4	1,1	0,18
Kohlenhydrate	73,8	69,67	1,33	2,8

(Quelle: nach Taylor/ Schussler, 1986)

Wie bei allen Getreidearten bilden Kohlenhydrate den größten Anteil der inhaltstofflichen Zusammensetzung. Der Hauptbestandteil ist Stärke mit etwa 60 bis 80 Prozent bestehend aus 25 Prozent Amylase und 75 Prozent Amylopektin. Wachstartige Sorten können bis zu 100 Prozent Amylopektin enthalten. Saccharose, Glucose und Fructose sind die bedeutendsten löslichen Zucker, die sich im ausgereiften Korn befinden. Süße Sorghumsorten weisen ungefähr zweimal so viele Zucker wie normale Sorghumsorten auf. Die meisten der unlöslichen Rohfaseranteile kommen im Perikarp und den Endospermzellwänden vor. Die Rohfaser setzt sich hauptsächlich aus Zellulose, Hemizellulose und kleinen Mengen von Lignin zusammen.

Nach dem Löslichkeitsverhalten kann der Proteingehalt analog zu anderen Getreideproteinen in mehrere Fraktionen aufgeteilt werden. Die in der Literatur zu findenden Proteinangaben variieren mehr als bei anderen Getreidearten. Das liegt an der Sortenvielfalt, aber auch am Anbauort der Sorghumpflanze. Der Proteingehalt wird von einer Reihe Faktoren wie die Dauer der Vegetationszeit, der Korngröße und der Lufttemperatur beeinflusst, ist aber im Allgemeinen höher als von Reis und Mais. Er

entspricht annähernd dem des Weizens. Der Stickstoffgehalt des Sorghumkornes wird wie bei den anderen Getreidearten positiv durch die Stickstoffdüngung beeinflusst. Die Zunahme des Proteingehaltes durch Stickstoffdüngung ist jedoch mit einer Minderung der Proteinqualität verbunden. So nimmt der prozentuale Anteil der essentiellen Aminosäuren Lysin, Methionin, Cystin, Threonin und Tryptophan ab, während der Anteil an Isoleucin, Leucin, Phenylalanin und Glutamin zunimmt (Deosthaleet al., 1972). Die Prolamine machen den höchsten Anteil der Proteinfractionen aus und umfassen etwa 50 Prozent der Proteine. Sie sind reich an Prolin, Asparaginsäure und Glutaminsäure und beinhalten kein Lysin. Gluteline sind die zweite bedeutende Proteinfraction und bilden die Struktur der Endosperm-Proteinmatrix. Albumine und Globuline als dritte Fraktion kommen überwiegend in der Aleuronschicht sowie im Keimling vor und haben einen hohen Anteil an Lysin. Der Rohfettgehalt von Sorghum liegt bei etwa 3 Prozent. Dies ist etwas höher als bei Weizen und Reis, jedoch etwas niedriger im Vergleich zu Mais. Der Fettsäureanteil im Sorghumöl ist dem des Maisöls ähnlich, jedoch mit höheren Konzentrationen an Linolsäure (49 %), Oleinsäure (31 %) und Palmitinsäure (14 %). Zusätzlich beinhaltet das Öl Linolensäure (2,7%), Stearinsäure (2,1%) und Arachidonsäure (0,2%). Die Anteile der verschiedenen Mineralstoffe in Sorghumkörnern reflektieren die Mineralstoffzusammensetzung des Bodens und die Wachstumsbedingungen der Pflanze. Werte für Kalzium und Eisen, die oft mangelhaft in allen Getreidearten vorkommen, liegen auch bei Sorghum ähnlich niedrig. Die Bioverfügbarkeit von Eisen in Sorghum wird durch die Polyphenole, v.a. Phytate, die das Eisen binden, zusätzlich negativ beeinflusst. Andere Mineralien in Sorghum sind Magnesium 0,18 %, Phosphor 0,33 %, Kalium 0,39 %, Natrium 0,03 %, Schwefel 0,15 %, Kobalt 0,18 mg/kg, Jod 0,04 mg/kg, Mangan 18 mg/kg und Zink 19 mg/kg (FAO, 1995). Die meisten Vitamine befinden sich im Keimling. Sorghum ist allgemein reich an Vitaminen des B-Komplexes. Einige Arten enthalten β -Carotin, welches im menschlichen Körper zu Vitamin A umgewandelt werden kann. Die Konzentration an Niacin, Thiamin und Riboflavin sind vergleichbar mit denen des Maises. Aber erst nach einer Behandlung mit Alkali wird das vorwiegend gebundene Niacin freigesetzt (Ghosh et al., 1963). Der Niacin Gehalt in Sorghum, und auch in Mais, ist niedriger als in Weizen und Reis. Die Niacinmangelkrankheit (Pellagra) ist somit in weiten Teilen der Welt, in denen Sorghum und Mais Hauptnahrungsmittel sind, sehr verbreitet. Andere Vitamine, die sich im Sorghumkorn befinden, sind Vitamin D2

29 IU/g, Vitamin E 12 mg/kg, Vitamin K 0,2 mg/kg, Carotine 1,0 mg/kg, Biotin 0,42 mg/kg, Folsäure 0,2 mg/kg, Pantotensäure 12,5 mg/kg und Vitamin B6 5,0mg/kg (FAO, 1995).

3.2.5 Bewertung der Diät und auftretende Fehl- und Mangelerscheinungen bei der Ernährung mit Sorghum

Wie andere Getreidearten auch ist Sorghum vorwiegend stärkehaltig. Der geringe Proteingehalt ist vergleichbar mit dem des Weizens oder des Mais. Der Gehalt an Lysin, als limitierende Aminosäure in 100 g Sorghum stellt etwa 45 Prozent des von der FAO/WHO empfohlenen optimalen Gesamtanteils (5,44 g/ 100 g Protein) für die menschliche Ernährung dar. Es befinden sich etwa 80 % des Proteins im Endosperm, 16 % im Keimling und 3 % im Perikarp. Studien haben gezeigt, dass Sorghumprotein aufgrund der Anwesenheit von Tannin weniger verdaulich ist als das Protein anderer Getreidearten. Tannine sind eine Gruppe hochmolekularer Polyphenole, die in der Testa vorkommen. Derartige Phenole, die die Farbe des Korns und seine Ernährungsqualität beeinflussen, können aufgrund ihrer Zusammensetzung in die Gruppen Phenolsäuren, Flavonoide und eben Tannine eingeteilt werden. Alle Sorghumkörner besitzen Phenolsäuren und Flavonoide. Allerdings besitzen nur einige Sorghumsorten Tannin. Tannin schützt das Korn gegen Vernichtung durch Insekten, Vögel und Mikroorganismen. Um die negativen Wirkungen auf den Ernährungswert des Sorghums zu minimieren, müssen demnach Perikarp und Testa entfernt werden. Durch Bearbeitung mit Mühlen und Mörsern kann man eine vollständige Entfernung des Perikarps erreichen. Das ist aber mit einem höheren Verlust an Endospermteilen verbunden, was wiederum einen Verlust an Stärke und Proteinen zur Folge hat. Zudem verursacht die Anwesenheit von Tannin in Sorghumerzeugnissen einen schlechten Geschmack. Bereits ein Tanningehalt im Korn von mehr als einem Prozent mindert durch Bindung einiger Proteinfractionen die Proteinverfügbarkeit, die Verdaulichkeit und hemmt die Enzymwirkung. Die Verdaulichkeit von Sorghumproteinen kann jedoch durch Kochen, Fermentieren, Keimen sowie einer Behandlung mit Alkali positiv beeinflusst werden (FAO, 1995).

Ein weiterer negativer Einfluss auf die Verdaulichkeit der Nahrungsmittel aus Sorghum ist die Anwesenheit der Phytinsäure in der Aleuronschicht. Diese dient in

den Pflanzen, in Form des Anions Phytat, als Speicher für Phosphor und andere Mineralstoffe, die der Keimling zum Wachstum benötigt. Aufgrund der komplexbildenden Eigenschaft des Phytats werden Mineralstoffe im Darm unlöslich gebunden und können so nicht mehr absorbiert werden. Doherty et al. analysierten verschiedene Sorghumarten und zeigten auf, dass über 85 Prozent des Phosphors im Korn gebunden ist und so nicht vom Körper aufgenommen werden kann (Doherty, 1982). Auch die biologische Verfügbarkeit von Eisen wird durch die Anwesenheit von Phytat negativ beeinflusst. Durch Schälen und der Entfernung der Aleuronschicht kann jedoch ein signifikanter Anstieg an ionisierbaren Eisen und löslichem Zink erzielt werden (Sankara et al., 1980).

Bei einer primär durch Sorghum gedeckten Ernährung ist Pellagra die am häufigsten auftretende Krankheit, eigentlich eher bekannt durch den primären Verzehr von Mais. Verursacht wird die Krankheit durch den Mangel an Niacin, einem Vitamin des B-Komplexes. Das Vitamin liegt in der gebundenen Form Niacytin vor, welche nicht vom Körper verwertet werden kann. Ein Mangel führt so zu Symptomen wie Diarrhoe, Dermatitis und bei langfristiger Dauer zu Demenz. Mangelsymptome treten selten auf, da der Körper Nicotinsäure auch aus der Aminosäure Tryptophan bilden kann, welche im Sorghumkorn mit 63mg pro 100 Gramm eigentlich ausreichend vorhanden ist. Dies führte zu der Annahme, dass die Ätiologie bei der Entstehung von Pellagra beim Konsum von Sorghum durch andere Faktoren bestimmt wird. Auffallend ist dabei der relativ hohe Gehalt an Leucin, welcher den Metabolismus von Tryptophan und Niacin beeinträchtigt (Belavady et al, 1963). Eine Supplementierung mit Isoleucin führte – neben einer erhöhten Zugabe von Niacin oder Tryptophan – zu einer Verbesserung des Krankheitsbildes (Belavady et al. 1979). Pellagra tritt jedoch nicht in allen Regionen auf, in denen Sorghum das Hauptnahrungsmittel für weite Teile der Bevölkerung darstellt. Untersuchungen ergaben, dass Vitamin B6 (Pyridoxin) sowohl am Metabolismus von Leucin – als auch von Niacin und Tryptophan – beteiligt ist. Die ausreichende Versorgung mit Pyridoxin ist somit von entscheidender Bedeutung bei der Prävalenz von Pellagra (Krishnaswamy et al., 1976).

3.3 Ensete als traditionelles Grundnahrungsmittel am Beispiel Äthiopien



3.3.1 Ernährung auf der Basis von Ensete

Ensete ventricosum ist – wegen ihrer starken morphologischen Ähnlichkeit zur Banane auch als „falsche Banane“ bekannt – eine der am wenigsten erforschten Pflanzen überhaupt. Bekannt sind lediglich zwei Wildformen des Gewächses in Asien und vier in Afrika und Madagaskar. Ein Anbau als Kulturpflanze erfolgt jedoch nur in Äthiopien und Eritrea, wo sie schätzungsweise 10 Millionen Menschen ernährt. Nach der einheimischen Klassifizierung gibt es nicht nur Ensete entsprechend der *Ensete ventricosum*, es werden viele verschiedene Ensete „Sorten“ unterschieden. Die Bauern im Südwesten Äthiopiens kultivieren eine Fülle unterschiedlicher Ensetepflanzen, wobei die Anzahl der Sorten, je nach Ethnie, zwischen 50 und 100 variiert (Baker und Simmonds, 1953; Simmonds, 1958). Ensete ist im Hochland Äthiopiens beheimatet, wo sie schon vor über 10000 Jahren domestiziert wurde. Sie macht hier etwa 17 Prozent der täglichen Nahrungszufuhr aus und stellt damit nach Getreide das Zweit bedeutendste Grundnahrungsmittel dar. Bis heute ist sie jedoch nur in Ostafrika weit verbreitet (Fritsche, 1996). Eine Ernährung auf Basis von Ensete ist durch eine gesicherte Versorgung und einem seltenen Auftreten von Hungersnöten gekennzeichnet, da die Pflanze zu jeder Jahreszeit und Wachstumsphase geerntet werden kann, Stress wie Dürre gut übersteht und das fermentierte Quocho als Nahrungsmittel über Jahre hinweg gelagert werden kann (Brandt, 1997, S.44).

3.3.2 Anbau, Erntetechnik, Erträge und Lagerung von Ensete

Botanisch gehört *Ensete ventricosum* zwar zu den Musaceae, nicht jedoch wie die Essbanane zur Gattung *Musa* sondern zur Gattung *Ensete*.

Der Name *Ensete* kommt aus dem Amharischen. Der Artnamen *ventricosum* bedeutet „bauchig“ und spielt auf den dicken Scheinstamm an, den die Pflanze im Laufe ihres Wachstums ausbildet.

Ihr Aussehen gleicht dem einer wirklichen Bananenpflanze, überragt diese jedoch in ihrer Größe. Ein bedeutender Unterschied ist, dass die Banane polykarp ist, die *Ensete* monokarp. Das heißt, dass die Pflanze nur einmal eine Blüte bzw. Früchte hervorbringt und dann abstirbt. Sie besitzt wie alle Musaceae ein unterirdisches Rhizom, in dem im erheblichen Umfang Nährstoffe eingelagert werden. Die mächtigen, spiralig angeordneten Blätter, deren Blattscheiden ineinander geschachtelt sind, formen einen zylindrischen Scheinstamm von zwei bis drei Meter Höhe und einem Durchmesser von bis zu einem Meter. Er enthält essbares Fruchtfleisch und Fasern. Die riesigen Blätter können bis zu fünf Meter lang und ein Meter breit werden. Genutzt werden die Pflanzen vor der Bildung des Blütenstandes, da dieser die eingelagerte Stärke aufbrauchen würde. Die Früchte der *Ensete ventricosum*, sind nicht genießbar. Daher erfolgt ausschließlich die Nutzung des stärkereichen Scheinstammes und des Rhizoms, welche frisch gekocht gegessen oder aber siliert werden (Franke, 1984).

Vier vorherrschende Landwirtschaftssysteme prägen die Landwirtschaft in Äthiopien: Pastoralismus, Shifting Cultivation und auf Getreide sowie auf *Ensete* basierende Landwirtschaft. Nach dem verschiedenen Nutzungsgrad wird innerhalb der auf *Ensete* spezialisierten Landwirtschaftsform noch einmal in vier Subsysteme unterschieden: So kann die Pflanze zum einen als Grundnahrungsmittel dienen und der Anbau von *Ensete* erfolgt als Hauptfeldfrucht in Plantagen, oder aber sie wird gleichbedeutend mit Getreide und Knollengewächsen angebaut. In einer dritten Nutzungsform, in der *Ensete* und Knollengewächse nur zur Nahrungssicherung bei Missernten zusätzlich angepflanzt werden, erfolgt primär ein Anbau von Getreide. Bei der letzten Form steht der Anbau von Hackfrüchten, wie Yams oder Taro, im Vordergrund. Getreide und *Ensete* werden nur zur Ergänzung angepflanzt. Vergleicht man diese vier verschiedenen Anpflanzformen von *Ensete*, so ist zu erken-

nen, dass bei steigender Bevölkerungsdichte die Bedeutung ihres Anbaus zunimmt (Westphal, 1975).

Eine auf Ensete basierende Landwirtschaft spielt eine bedeutende und wichtige Rolle bei der Nahrungssicherung in Äthiopien. Jeder Teil der Pflanze wird genutzt. So liefert sie den Bauern nicht nur Nahrung, sondern auch wichtige Teile zum Hausbau, für ihre Kleidung und zur Ernährung der Rinder. Eine Pflanze kann, bedingt durch ihre Größe, soviel Nahrung zur Verfügung stellen, dass sich eine fünf- bis sechsköpfige Familie über einen Monat von ihr ernähren kann. Nach Meinung der Autoren kann sich so eine ganze Familie ein Leben lang von einem 10x10 Meter großem Feld ernähren (Lost Crops of Afrika, 2006).

Vorwiegend wird Ensete in den Regionen südlich von Addis Abeba angebaut. Diese Region wurde als Southern Nations' Nationalities' and Peoples' Regional State (SNNPRS) zusammengefasst. Die Erträge variieren je nach Anbauart und Alter bzw. Größe der Pflanze. Mit einem Anteil von 65 Prozent am Gesamtertrag aller Feldfrüchte erwirtschafteten die Bauern Südäthiopiens im Mittel 18,5 bis 29,8 Kilogramm pro Pflanze bzw. 7,4 bis 11,96 Tonnen pro Hektar im Jahr (Bezuneh, 1996). Intensiver Enseteanbau ist damit das produktivste Landwirtschaftsverfahren in Äthiopien. Vergleicht man die gesamte Nahrungsmenge und Energiemenge je Hektar, so ist Ensete ertragsreicher als alle anderen Knollenfrüchte und erwirtschaftet sogar mehr als alle Getreidearten inklusive Weizen und Mais.

Der Ertrag in den verschiedenen Weredas (Distrikten) variiert bei 50 Prozent Feuchtigkeit zwischen 20 und 85 Kilogramm pro Pflanze, mit einem Durchschnitt von etwa 44 Kilogramm. Wegen ihrer guten Lagerfähigkeit durch den speziellen Verarbeitungsprozess können so große Nahrungsmittelvorräte angelegt werden. Dies führt zu mehr Sicherheit bei Dürreperioden. Auch kann die Pflanze, welche normalerweise erst nach sieben Jahren geerntet wird, im Notfall auch ein bis zwei Jahre früher eingebracht werden um eine Hungersnot zu verhindern oder vorzubeugen (Shank, 1996).

Während im nördlichen Äthiopien Familien zur Selbstversorgung auf mindestens zwei bis drei Hektar Land angewiesen sind, leben viele Familien in den südlichen Regionen des Enseteanbaus von einem Zehntel dieser Flächen. Im Durchschnitt werden 10 bis 100 Pflanzen je Haushalt angebaut.

Der Anbau von Ensete dient demnach vorwiegend der Subsistenzwirtschaft um eine Hauptnahrungsquelle zu schaffen. Die Pflanze wird vor allem im südlichen Hoch-

land Äthiopiens in Höhenlagen zwischen 1200 und 3100 Metern, sowie in geringem Maße im zentralen und nördlichen Hochland und im Süden Eritreas angebaut (Simmonds, 1958). Am besten gedeiht Ensete in 2000 bis 2750 Metern Höhe bei einem durchschnittlichen jährlichen Regenfall von 1100 bis 1500 Millimeter und einer kühlen Durchschnittstemperatur zwischen 10 und 21°C. Da sie nicht frostresistent ist, ist ein Anbau in höheren Lagen nicht möglich. Unterhalb von 1500 Metern wird eine Domestizierung hauptsächlich durch den Mangel an verfügbarem Wasser und weniger durch die hohen Temperaturen beschränkt, da im Tiefland Äthiopiens die Niederschlagsmenge abnimmt und ihr Wasserbedarf aufgrund vermehrter Verdunstung steigt. Durch ihre riesigen Blätter kann die Pflanze den Boden vor Erosion bei allzu starkem Niederschlag schützen, gleichzeitig muss jedoch ein genügender Abfluss des Wassers gewährleistet sein, da die Wurzeln und die Wurzelknolle einen Wasserstau über einen längeren Zeitraum nicht tolerieren. Als natürlicher Dünger wird Rinderdung eingesetzt, welcher das Wasser besser im Boden hält und so Trockenperioden leichter überstehen lässt (Brandt, 1997). Allerdings kommt es durch den stetigen Bevölkerungswachstum und der damit verbundenen Knappheit des Weidelandes immer häufiger zu abfallenden Tierzahlen, was zu einem Mangel an natürlichen Dünger führt und so die Erträge sinken lässt.

Anbau und Pflege der Pflanze, welche vorwiegend von Männern übernommen werden, sind äußerst zeitintensiv. Daher wird Ensete häufig in der Nähe der Häuser angebaut. Da keine Schösslinge zur Ausbildung kommen, erfolgt die Vermehrung durch Entfernen der Hauptknospe an der Spitze des Rhizoms, was zur Bildung und zum Austrieb neuer Knospen führt. Nach einem Jahr werden die so gewonnenen Schösslinge in Pflanzgärten ausgebracht, wo sie etwa zwei Jahre bis zum Auspflanzen auf das Feld verbleiben. Ernte und Aufbereitung sind hingegen Aufgabe der Frauen. Im Jahr vor der Blüte, wenn der Ertrag am höchsten ist, wird der Scheinstamm gefällt. Aus der darin enthaltenen Stärke stellen die Frauen Quocho, eine käseähnliche, vergorene Teigmasse, her. Dazu schaben sie das stärkehaltige und faserige Speichergewebe aus den unteren Blattstielen und Wurzeln aus, füllen die Masse in ein großes, mit Enseteblättern ausgelegtes Erdloch und decken dieses dann mit Blättern ab. Zum Start der Gärung wird etwas vorgegorene Masse hinzugegeben, in der die notwendigen Bakterienstämme enthalten sind, die für einen guten Gärprozess wichtig sind. Nach einigen Monaten der Gärung wird aus der Masse die enthaltene Feuchtigkeit herausgepresst und getrocknet. Dies kann dann gut zu lager-

fähigem Mehl vermahlen werden. Eine Lagerung der Masse im Erdloch bis zur nächsten Ernte ist auch möglich.

3.3.3 Typische Verwendungs- und Verarbeitungsmethoden von Ensete

Die drei wichtigsten Nahrungsmittel, die aus der Ensete-Pflanze gewonnen werden, sind Bulla, Quocho, und Amicho.

Bulla, die aus der Ensete ausgeschabte Stärke, enthält keine Fasern und hat im Unterschied zu Quocho keinen säuerlichen Geschmack, da es nicht fermentiert wird. Man gewinnt es, indem die Blattscheide und der Blütenstängel ausgekratzt und mit der geriebenen Wurzelknolle zusammengegeben werden. Der Brei wird anschließend ausgedrückt. Die übrig bleibende Stärke konzentriert sich zu einem weißen Pulver, welchem wieder Wasser zugefügt wird, um es zu Fladen, Brei oder Klößen weiter zu verarbeiten. Da Bulla nur von Ensete-Pflanzen in der Blüte gewonnen werden kann und aufgrund der hohen Anforderung an die Qualität, wird es in erster Linie bei Festen zubereitet.

Das durch Gärung von Bulla gewonnene Quocho – eher eine Speise der ärmeren Menschen – ist der Grundstoff für ein dickes Fladenbrot, welches oft zusammen mit Kohlgemüse gegessen wird. Soweit es jedoch möglich ist, stellt auch hier Getreide das bevorzugte Grundnahrungsmittel dar, allerdings werden in Hungerzeiten oder bei Nahrungsknappheit sogar die Samen oder Früchte von Ensete verzehrt.

Amicho hingegen kann auch von jüngeren Pflanzen, die noch nicht ihren vollen Ertrag erreicht haben, gewonnen werden. Die gekochte Wurzelknolle wird wie andere Hackfrüchte zubereitet. Amicho wird überwiegend zu Festlichkeiten aber gegebenenfalls auch in Notsituationen verzehrt (Brandt, 1997).

Neben der Nahrungssicherung dient die Pflanze auch als Medizin oder Baustoff. Die aus verschiedenen Ensetesorten gewonnene Medizin wird meist in Form von Nahrung eingenommen und unterstützt so unter anderem die Heilung von Knochenbrüchen, Beulen, Diarrhoe oder Rückenschmerzen. Auch kann das Wasser aus den Blattscheiden äußerlich zur Heilung von Hautekzemen angewendet werden. Ebenso wird zu medizinischen Zwecken die getrocknete innere Struktur von faserarmen Blattscheiden genutzt, um Mullbinden herzustellen.

Aus den älteren Blättern gewinnen die Äthiopier grobe Fasern, die sich gut als Seile, zur Herstellung von Kleidung, Matten und Taschen oder zum Verpacken und

Binden eignen. Mit den ausladenden Blättern decken sie die Dächer von Hütten und verfüttern sie an die Tiere. Wenn keine andere frische Nahrung verfügbar ist, werden verhältnismäßig trockene Sorten, die für den Menschen ungenießbar sind, hauptsächlich an Rinder, aber auch Pferde, Esel und Maultiere verfüttert. Ensete spielt daher neben der Nutzung als Nahrungsmittel, Baustoff und Arzneipflanze auch in der Überlebenssicherung von Nutztieren eine wichtige Rolle.

Jedes Pflanzenteil, das nicht zur Nahrung, Medikament oder Verfütterung dient, wird weiterverarbeitet zu Materialien des täglichen Bedarfs. Ensete ist folglich nicht nur ein Rohstoff, der das Überleben sichert, sondern der auch eine wirtschaftliche Unabhängigkeit von vielen Importwaren schafft (Brandt, 1997).

3.3.4 Charakteristische sowie limitierende und schädliche Inhaltsstoffe von Ensete

Ensete ist eine primär stärkehaltige Pflanze mit einem nur sehr geringen Anteil an Proteinen, Fett und Vitaminen. Analysen der Stärke ergaben einen Anteil von 0,35 Prozent Protein, 0,25 Prozent Fett und 0,16 Prozent Mineralstoffe im Trockengewicht, sowie einem Amyloseanteil von 29 Prozent (Gebre-Mariam, 1996). Mineralstoffe sind nur in sehr geringen Konzentrationen enthalten. Einzig Kalzium ist in angemessenen Mengen in den Produkten enthalten. Die Gehalte an Vitaminen sind durch ihre minimale Ansammlung für eine genauere Betrachtung vernachlässigbar (Lost Crops of Afrika, 2006). Aufgrund der geringen Auswahl wissenschaftlicher Studien, die sich mit Ensete beschäftigen, ist eine genauere Quantifizierung einzelner Fraktionen schwierig. Zur genaueren Analyse bedarf es weiterer Forschungen. Einen Überblick der Inhaltsstoffe von Ensete gibt Abbildung Tabelle 5:

Tab. 5: Übersicht über die Inhaltsstoffe von Ensete

Zusammensetzung pro 100 Gramm							
	Brennwert	Feuchtegehalt	Protein	Fett	Kohlenhydrate incl. Ballaststoffe	Ballaststoffe	
	Kalorien	Prozent	in g	in g	in g	in g	
Quocho	171	56,3	1,2	0,2	41.3	1,6	
Mehl	195	49,6	1,8	0,2	46.8	1,2	
Bulla	199	49,6	0,7	0,1	48.8	0,7	
	Asche	Kalzium	Phosphor	Eisen	Thiamin	Riboflavin	Niacin
	in g	in mg	in mg	in mg	in mg	in mg	in mg
Quocho	1.0	120	0	5,3	0,03	0,04	0,1
Mehl	1,6	82	60	10	0	0,04	0,4
Bulla	0,8	65	30	1,1	0,01	0,02	0,2

(Quelle: nach FAO, 1968)

3.3.5 Bewertung der Diät und auftretende Fehl- und Mangelerscheinungen bei der Ernährung mit Ensete

Obwohl im Vergleich zu den nördlichen Gebieten Äthiopiens seltener Hungersnöte auftreten, sind Mangelkrankheiten weit verbreitet. Eine primär durch Ensete gedeckte Ernährung führt neben einer Proteinunterversorgung zu Mängeln an Vitaminen und Mineralstoffen. So deckt diese Form der Ernährung nur zu 72 Prozent die Energie-, zu 40 Prozent die Protein-, zu 35 Prozent die Kalzium-, zu 33 Prozent die Zink und zu 25 Prozent die Vitamin-A-Empfehlung des RDA (Recommended Daily Allowance) (Amede, 2006).

Die Fermentation bei der Herstellung von Quocho erhöht den allgemeinen Proteingehalt und führt speziell zu einer geringen Erhöhung an essentiellen Aminosäuren. Vor allem der Gehalt an Lysin steigt, wohingegen der Methioningehalt gering bleibt (Lost Crops of Afrika, 2006).

Vor allem die geringe Proteindichte sowie der geringe Gehalt an Vitamin A sind auffällig. Die Konzentration der einzelnen essentiellen Aminosäuren im Vergleich

zu Mais zeigt Tabelle 6 auf. Außer Lysin und Tryptophan sind alle Aminosäuren im verarbeiteten Enseteprodukt in geringeren Konzentrationen enthalten. Die Unterversorgung mit essentiellen Aminosäuren ist weniger durch eine schlechte Verteilung im Protein als vielmehr durch die geringe Proteinkonzentration im Nahrungsmittel zu erklären (Stöcker et al, 2006).

Vergleicht man die Erträge von Mais und Ensete so produziert ein Hektar bebaut mit Mais 380 Kilogramm Proteine, wogegen Ensete nur 25 bis 50 Kilogramm hervorbringt (Pillot, 1982).

Diese Form der Ernährung bedarf daher einer erheblichen Supplementierung um die Forderungen an eine ausgewogene Ernährung zu erfüllen. Eine Anreicherung von Quocho mit Kidney-Bohnen und Kürbis, als Beispiel einer Supplementation, führte neben einer Steigerung der Proteinkonzentration zu einer Erhöhung an Provitamin-A. So erhöhte sich durch die Zugabe der Bohne die Proteindichte von 1,5 Prozent im nicht angereicherten Quocho auf 14,9 Prozent, verbunden mit einem Anstieg aller essentiellen Aminosäuren. Während 272 Gramm Quocho (i.Tr.) zur Deckung des täglichen Aminosäurebedarfs nötig sind, reichen bereits 33 Gramm (i.Tr.) der angereicherten Kost. Die Anreicherung von Quocho mit Kürbis verbesserte die Provitamin-A-Konzentration um das 180fache im Nahrungsmittel (Stoecker et al., 2006).

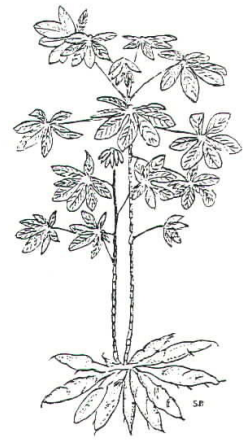
Eine zusätzliche Beeinträchtigung durch toxische oder absorptionshemmende Inhaltsstoffe ist nicht bekannt. Ein weitverbreitetes Problem ist der Befall der Pflanzen durch Bakterien, Nematoden, Viren oder Pilze. Ein Bakterienbefall durch *Xanthomonas campestris* tritt vor allem genau zu dem Zeitpunkt auf, wenn die Pflanzen kurz vor ihrer Ernte stehen und zerstören so die Arbeit von Jahren. Die Verbreitung der Bakterien erfolgt nicht durch Wind oder Wasser, sondern durch die Farmer selbst. Durch die Desinfektion der Arbeitsgeräte und Verbrennung kontaminierter Pflanzen kann eine Verbreitung auf gesunde Pflanzen unterbunden werden.

Tab. 6: Vergleich des Gehaltes an essentiellen Aminosäuren von Mais und Ensete

	Mais	Quocho
Energiedichte (Kcal/g Frischgewicht)	0,53	0,49
Proteindichte (% der Energie)	8,4	1,5
Vitamin A (µg RAE/100 Kcal)	2,1	0,3
Konzentration essentieller Aminosäuren (g/100 g Protein)		
Histidin	3,12	2,06
Isoleucin	3,63	4,12
Leucin	11,68	7,56
Lysin	2,78	5,5
Methionin + Cystein	4,14	3,44
Phenylalanin + Tyrosin	7,71	6,87
Threonin	3,01	2,75
Tryptophan	0,74	2,75
Valin	4,88	5,5

(Quelle: nach Stoecker et al., 2006)

3.4 Cassava als traditionelles Grundnahrungsmittel am Beispiel Westafrika

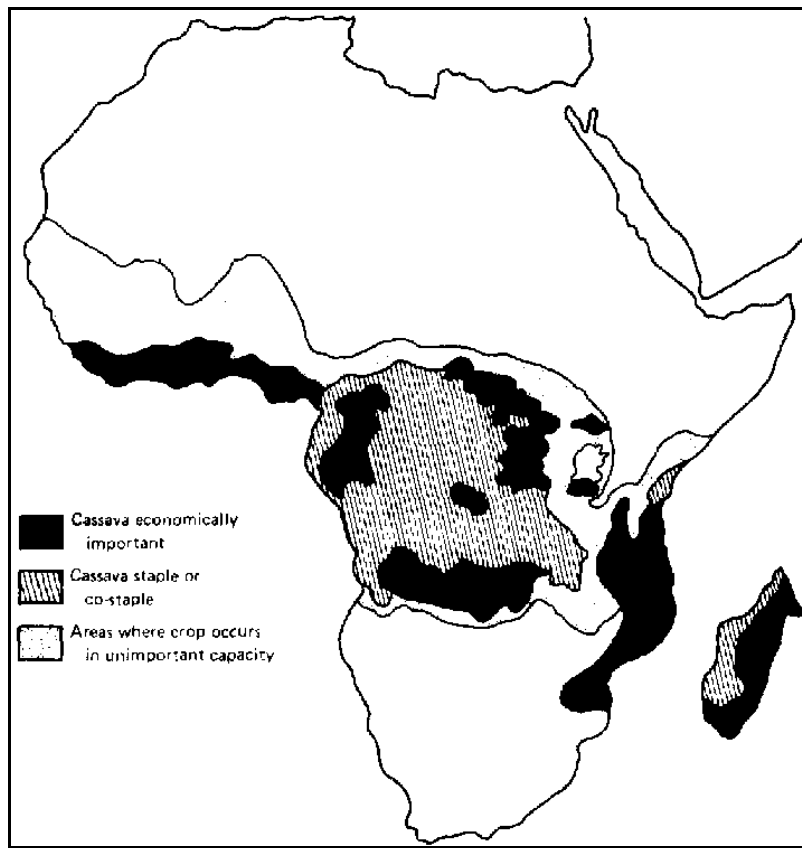


3.4.1 Ernährung auf der Basis von Cassava

Cassava (*Manihot esculenta*), auch bekannt als Maniok, stellt nach Mais, Reis und Zuckerrohr die viertwichtigste Kalorienquelle für die tropische Bevölkerung dar und liefert Nahrung für mehr als eine halbe Milliarde Menschen. Auch in den humiden und sub-humiden Entwicklungsländern Afrikas entwickelt sie sich immer mehr zu einem dominanten Grundnahrungsmittel. Vor allem in Afrika ist Cassava zur Nutzpflanze der Armen avanciert und hat die hier ursprünglich angebaute Hirse verdrängt. Vor allem in Gebieten mit unregelmäßigen Niederschlägen ist sie oft eine wichtige Reserve gegen eine mögliche Hungersnot und auch in Kriegszeiten und bei niedrigem Sozialprodukt ist ein Anstieg des Maniokkonsums im Unterschied zu vergleichbaren Grundnahrungsmitteln wie Yams, Mais, Reis oder auch Weizen zu verzeichnen (Nweke/ Ezumah, 1988). Der Anbau von Maniok dient praktisch immer der Nahrungsmittelproduktion. In Afrika werden fast 90 Prozent der Produktion als Nahrung konsumiert, die Verluste nach der Ernte betragen rund 9,5 Prozent, nur etwa 1,4 Prozent werden für Tierfutter verwendet.

Eigentlich in der Amazonasregion Südamerikas beheimatet, gelangte Maniok durch die portugiesische Kolonialisierung im 16. Jahrhundert nach Westafrika, wo es erstmals an der Mündung des Kongos angebaut wurde. Erst zum Ende des 18. Jahrhunderts fand Cassava auch in Ostafrika eine Verbreitung. Heutiges Hauptanbaugebiet ist Westafrika. Es wird aber – wie aus Abbildung 5 ersichtlich – in nahezu allen tropischen Gebieten mit entsprechendem Klima kultiviert (Scott et al., 2000).

Abb. 5: Verbreitung von Cassava in Afrika



(Quelle: Brouillette, 1974)

Cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) gehört zur Familie der Wolfsmilchgewächse (Euphorbiaceae), wobei die Gattung *Manihot* 100 bis 200 Arten umfasst. Von ernährungswirtschaftlicher Bedeutung ist jedoch nur *Manihot esculenta*. Von anderen Arten kann der Kautschuk des Milchsafte gewonnen und weiterverarbeitet werden (Franke, 1984).

3.4.2 Anbau, Erntetechnik, Erträge und Lagerung von Cassava

Cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) gehört zur Familie der Wolfsmilchgewächse (Euphorbiaceae), wobei die Gattung *Manihot* 100 bis 200 Arten umfasst. Von ernährungswirtschaftlicher Bedeutung ist jedoch nur *Manihot esculenta*. Von anderen Arten kann der Kautschuk des Milchsafte gewonnen und weiterverarbeitet werden (Franke, 1984).

Die Produktion von Cassava in den Ländern Afrikas als Nahrungs- und Futtermittel steigerte sich in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich. Mehr als die Hälfte der weltweiten Produktion fällt auf die Länder der Subsahara. Mittlerweile produziert Afrika mehr Cassava als die restliche Welt zusammen. Mit 35 Prozent der gesamten afrikanischen Produktion erwirtschaftet Nigeria den größten Anteil, gefolgt von der Demokratischen Republik Kongo mit 19 Prozent. Die Gesamtproduktion steigerte sich von 35 Mio. Tonnen im Jahre 1965 auf mittlerweile über 80 Mio. Tonnen im Jahr 1995. So erhöhte sich die Produktion in Nigeria von etwa 30 Millionen Tonnen Anfang der neunziger Jahre auf mittlerweile über 41 Millionen Tonnen im Jahr 2005, wobei der jährliche Pro-Kopf-Verbrauch in diesen Gebieten bei etwa 106 Kilogramm liegt (FAOSTAT, 2007). Diese gesteigerte Erzeugung von jährlich etwa 3,7 Prozent ist jedoch eher durch vergrößerte Anbauflächen als durch verbesserte Erträge zu erklären. So erhöhte sich der Ertrag bezogen auf die Fläche in den letzten Jahrzehnten nur um 33 Prozent, die genutzte Ackerfläche hingegen stieg um etwa 70 Prozent (Hillocks, 2002).

Der Anbau der Pflanze dient vorwiegend der Eigenversorgung der Familie, lediglich ein vorhandener Überschuss wird vermarktet. Zwar gedeiht Maniok auch auf wenig fruchtbarem Boden, doch durch mangelnde Bearbeitungsmethoden und dem Anbau auf marginalem Land sind die Erträge meist niedrig. Verschiedene Unkräuter verringern zusätzlich den Ertrag beträchtlich (FAO, 1990). Da nicht nur die großen Speicherwurzeln der Maniokpflanze sondern auch die vielen kleinen Nebenwurzeln große Mengen an Wasser und Mineralstoffen aufnehmen, ist der Boden nach der Feldbestellung sehr ausgelaugt und der Acker muss für einige Zeit brach liegen. Daher erfolgt der Anbau von Cassava üblicherweise nach dem Anbau anderer Getreide, wie Mais, als letzte Pflanze im System der Shifting Cultivation (FAO, 1977b). Danach liegt das Feld für mehrere Jahre brach. Dies hat den Vorteil, dass die Knollen je nach Bedarf dem Boden entnommen werden können, da sie aufgrund ihres hohen Wassergehaltes nur begrenzt lagerfähig sind. Beim Anbau als Zwischenfrucht wäre die Ernte zu einem bestimmten Zeitpunkt notwendig, damit die Nachfrucht rechtzeitig ausgepflanzt werden kann (FAO, 1990). Häufig erfolgt auch ein Anbau gemeinsam mit anderen Kulturen, wo sie als Zwischenkultur in den ersten ertragslosen Jahren von Baum- und Strauchkulturen gepflanzt wird. Sie dient dann zur Erzeugung von Nahrungsmitteln und spendet den jungen Dauerkulturen

Schatten und Schutz. So erweist sich der gleichzeitige Anbau von Maniok als mehrjähriger Pflanze zusammen mit Leguminosen oder Mais zur raschen Bodenbedeckung und Beschattung als vorteilhaft (Franke, 1984). Am besten gedeiht Maniok im warmen, humiden Klima mit einer Jahresdurchschnittstemperatur um 20 Grad und einer Regenmenge von 1500 Millimetern pro Jahr. Ein Anbau in Höhenlagen ist nicht möglich, da bereits bei Temperaturen unter 10 Grad das Wachstum der Pflanze stoppt und Frost zum Absterben der Blätter führt. Ein Vorteil von Maniok ist die gute Anpassungsfähigkeit an geringe Niederschläge. Zur Verminderung der Transpiration bei Trockenheit wirft die Pflanze die meisten Blätter ab und kann durch die in den Knollen eingelagerten Reservestoffe bei einsetzendem Regen ihr Wachstum fortsetzen. Hohe Niederschläge fördern die Blattentwicklung, aber die Größe der Knollen und somit auch die Menge des Ertrages nehmen ab. Für eine gute Entwicklung der Pflanze ist eine Bodenbearbeitung zur Lockerung notwendig. Zur Vermehrung werden Stecklinge verwendet, die zu Beginn der Regenzeit ausgepflanzt werden. Je nach Sorte erfolgt die Ernte nach 6 bis 24 Monaten, wobei nach 12 bis 15 Monaten die höchsten Erträge erreicht werden. Die Ernte wird meist von Hand durchgeführt. Dabei wird der Stängel 40-50 cm über dem Boden abgeschnitten und die Wurzelknolle bei leichten Böden herausgezogen, bei schweren Böden von Hand ausgegraben. Das Material für den nächsten Anbau wird aus den abgeschnittenen Stengeln gewonnen. Wichtig bei der Ernte ist, dass die Wurzeloberfläche nicht verletzt wird, da sie sonst schnell verderben. Wie bereits angedeutet ist aufgrund des hohen Wassergehaltes in der Knolle eine Lagerung nur begrenzt möglich. Innerhalb von zwei bis drei Tagen tritt ein Verderb ein und die Ernte wird ungenießbar. Um dies zu verhindern verbleiben die Pflanzen über mehrere Monate im Boden und werden nur bei Bedarf geerntet (Food and Nutrition Bulletin, 1980). Mit längerer Lagerdauer werden die Wurzeln jedoch faserreicher und verholzen und der Stärkegehalt sinkt. Um die Lagerfähigkeit zu verlängern, können die Wurzeln in Haufen aufgeschichtet und mit feuchtem Sand oder in Boxen geschichtet mit feuchtem Sägemehl bedeckt werden, was die Lagerdauer auf bis zu acht Wochen erhöht (FAO, 1998).

Nur ungefähr 30 Prozent der Ernte wird in frischer Form konsumiert. Um die Haltbarkeit zu verbessern und die toxische Blausäure zu entfernen erfolgt meist eine Weiterverarbeitung in eine Vielzahl von Produkten, wie beispielsweise *Gari* oder *Fufu*.

3.4.3 Typische Verwendungs- und Verarbeitungsmethoden von Cassava

Die Verarbeitung zu anderen Produkten wird meist durch die Frauen in den Dörfern durchgeführt. Die verwendeten Prozessschritte beinhalten meist Kochen in Wasser, Einweichen, Mahlen, Trocknen, Dämpfen und Rösten in unterschiedlicher Reihenfolge, was zu einer großen Produktvielfalt führt. Daneben kann die Stärke extrahiert und weiterverarbeitet werden (Tapiokamehl), oder die Wurzeln werden einer Fermentation unterzogen, was dabei hilft, den Geschmack zu verbessern, die Haltbarkeit zu verlängern und den Cyanidgehalt zu reduzieren.

Das wohl bekannteste und populärste Grundnahrungsmittel aus fermentiertem Maniok in Westafrika ist Gari. Zur Herstellung wird die Wurzel geschält, gewaschen, vermahlen und in Säcke verpackt. Die Säcke werden anschließend für ein bis vier Tage zur Fermentierung stehen gelassen. Dabei hydrolysiert die Stärke und es entstehen Zucker, welche zu organischen Säuren metabolisiert werden. Diese wiederum hydrolysieren die cyanogenen Glucoside zu Blausäure, welche bei der anschließende Trocknung recht schnell verdunstet oder mit dem Presssaft weggespült wird. Der Brei wird in heißen Pfannen unter konstantem Wenden erhitzt und auf einen Wassergehalt von ca. 18% getrocknet. Das so erhaltene Produkt ist gut lagerfähig und kann mit Wasser gemischt als Brei konsumiert werden (FAO, 1998).

Ein in Nigeria weit verbreitetes Maniokprodukt ist *Fufu*. Dazu werden die Wurzeln geschält, gewaschen, in große Stücke geschnitten und für vier bis fünf Tage in Wasser eingelegt, wodurch die Wurzeln durch die eintretende Fermentation weich werden und ein Teil der Cyanide mit dem Wasser ausgewaschen wird. Nach der Fermentation werden die Stücke in sauberem Wasser zerkleinert und durch ein Sieb gepresst. Die Stärkepartikel, welche das Sieb passieren, lässt man für drei bis vier Stunden absetzen, dann wird das Wasser dekantiert. Das Sediment wird in Säcke gepackt, gepresst und für etwa 30 Minuten gekocht. Nach dem Kochen wird die Masse in einem Mörser zu einer Paste, dem *Fufu*, zerstampft (FAO, 1977c).

Ein vor allem in der Elfenbeinküste gebräuchliches Produkt ist *Attiéké*. Zur Herstellung von *Attiéké* wird zuerst ein Inokulum – eine spontane Starterkultur – erzeugt, welche sowohl die Einleitung als auch eine Beschleunigung der Fermentation bewirkt. Dazu werden frische Wurzeln geschält, in Stücke geschnitten, mit dem Inokulum versetzt und für etwa zwölf Stunden fermentiert. Danach werden die auf dem Inokulum gewachsenen Pilze entfernt und das Inokulum gewaschen.

Für die eigentliche Herstellung von *Attiéké* werden frische Wurzelstücke mit 10 Prozent Inokulum, 10 Prozent Wasser und etwas Palmöl vermischt. Alle diese Komponenten werden fein vermahlen und der so erhaltene Brei zugedeckt und ca. 12 bis 15 Stunden fermentiert. Der fermentierte Brei wird gepresst und der Presskuchen gesiebt. Das gesiebte Material wird zu Kugeln geformt, getrocknet und nach dem Entfernen der Fasern gedämpft. Das Endprodukt *Attiéké* ist ein Couscous-ähnliches, fast weißes, leicht saures Produkt. Es wird zusammen mit Fisch, Fleisch, Gemüse und Saucen konsumiert. Aufgrund des relativ hohen Feuchtigkeitsgehaltes von 50 Prozent im Endprodukt ist eine Lagerung nur für zwei bis vier Tage möglich (FAO, 1998).

3.4.4 Charakteristische sowie limitierende und schädliche Inhaltsstoffe der Maniokwurzel

Die ausgereifte Pflanze besteht zu 44 Prozent aus Stängeln, zu etwa 50 Prozent aus der Knolle und rund sechs Prozent der Masse entfallen auf die Blätter. Nur die Knolle und die Blätter sind von ernährungsphysiologischer Bedeutung, die Stängel dienen der Fortpflanzung der Pflanze oder werden verbrannt (Tewe, 2004). Cassava ist eine primär stärkehaltige Pflanze mit einem hohen Kohlenhydratanteil als Hauptenergiequelle. Die chemische Zusammensetzung variiert je nach Art, Alter und Anbauort der Pflanze. Obwohl reich an Kalorien, besteht bei Maniok vor allem ein Mangel an Proteinen, Fett und einigen Vitaminen sowie Mineralstoffen. Infolgedessen hat Cassava einen geringeren Nährwert als Getreide, Hülsenfrüchte oder andere Knollenfrüchte.

Die Pflanze hat verglichen mit Getreide einen sehr hohen Feuchtegehalt, was zu einer geringeren Energiedichte führt. Die Trockenmasse von rund 30 Prozent besteht primär aus Kohlenhydraten, wobei etwa 80 Prozent Stärke und 20 Prozent Zucker, vor allem Saccharose, Maltose und Glucose, zu finden sind. Die Stärke ist zu 83 Prozent aus Amylopektin und 17 Prozent Amylose aufgebaut (Rawel/ Kroll, 2003). Nach acht bis zwölf Monaten weist die Pflanze den höchsten Stärkegehalt auf, danach sinkt der Anteil aufgrund der zunehmenden Verholzung der Knolle. Der Ballaststoffgehalt in der Frischmasse liegt bei etwa einem Prozent (Tewe, 2004).

Mit einem Anteil von ein bis zwei Prozent ist Cassava sehr proteinarm. Vor allem die essentiellen Aminosäuren Lysin, Methionin und Tryptophan sind nur in sehr geringem Umfang enthalten. Die Schale besitzt zwar einen etwas höheren Proteinanteil als das Fruchtfleisch, geht jedoch bei der Verarbeitung verloren.

Der Lipidgehalt ist mit etwa 0,5 Prozent ebenfalls sehr gering und setzt sich zu etwa gleichen Anteilen aus mehrfach ungesättigten Fettsäuren, wie Linolsäure und Linsäure und gesättigten Fettsäuren, wie Stearinsäure und Palmitinsäure, zusammen. Allerdings besitzt Maniok mit 300mg/kg einen nennenswerten Vitamin C-Gehalt, enthält jedoch kaum β -Carotine. Lediglich einige gelbe Cassavasorten enthalten bis zu einem Milligramm β -Carotin in der Frischmasse. Die Gehalte an Riboflavin (0,04mg), Thiamin (0,05mg) und Niacin (0,6mg) in 100 Gramm sind als gering einzuschätzen (McDowell/ Oduro, 1983).

Auch der Mineralstoffgehalt von ungefähr einem Prozent in der Frischmasse ist als relativ gering zu bewerten, wobei vor allem Calcium, Kalium, Magnesium und Phosphor auftreten. In 100 Gramm essbarer Portion sind dabei etwa 26 mg Ca, 394 mg K, und 32 mg P enthalten. Der Eisengehalt ist mit rund 0,9 mg ebenfalls sehr gering (Bradbury, 1988).

3.4.5 Bewertung der Diät und auftretende Fehl- und Mangelerscheinungen bei der Ernährung mit Cassava

Der letztendliche Nährwert wird durch zwei Faktoren bestimmt: zum einen durch die Verarbeitung und zum anderen durch den Gehalt an Cyaniden in der Cassavaknolle. Die traditionelle Fermentierung der Knolle zu Produkten wie *Gari* oder *Fufu* führt – wie auch Tabelle 7 veranschaulicht – zu einer Reduzierung des Proteingehaltes um bis zu 45 Prozent sowie einer Quantitätsverringerung der Aminosäuren. Vor allem das Schälen der Wurzel bei der Verarbeitung führt zu einem Verlust an wertvollen Proteinen und der ohnehin schon geringe Mineralstoffgehalt der Pflanze wird bei der Verarbeitung noch weiter reduziert. So sinkt der Phosphorgehalt um bis zu 69 Prozent, Magnesium um 65 Prozent und Kalium um 76 Prozent (Ezeala, 1984).

Tab. 7: Veränderung der Inhaltsstoffe von Cassava durch die Verarbeitung

	Wurzel	Gari	Fufu
Energie (kcal/kg)	1340	-	-
Kohlenhydrate (g/kg)	320	818	730
Wasser (g/kg)	600-655	144	86
Fett (g/kg)	2.0-3.5	1.2	4.4
Eiweiß (g/kg)	7.0-12.0	9	12.6
Nahrungsfasern (g/kg)	29.0	14	16
Asche (g/kg)	4.0-9.0	14	1.5
Blausäure (mg/kg)	15-400	19.0	16.0

(Quelle: Ezeala, 1984)

Ein Problem der Maniokpflanze ist ihr Gehalt an Cyaniden, aus denen Blausäure freigesetzt wird, was bei einer fortwährenden Aufnahme zu verschiedenen chronischen Krankheiten führen kann. Auf Grund dieses Gehaltes an Blausäure werden Manioksorten in süße und bittere Sorten unterteilt. Als süße Sorten gelten jene, bei denen der Gehalt an Blausäure unter 100 mg/kg Frischgewicht liegt, bittere Sorten enthalten mehr als 100 mg/kg Blausäure. Die bitteren Sorten, welche ungünstigerweise höhere Erträge erreichen als süße, müssen vor dem Verzehr aufwändig bearbeitet werden, da bei diesen Gehalten – aufgrund der Blockade des Eisens im Hämoglobin und damit verbundener Störung der Sauerstoffaufnahme – bereits der Verzehr einiger hundert Gramm frischer Knollen tödlich sein kann. Die Folgen sind Atemnot und Krämpfe, welche in wenigen Sekunden zum Tod führen können. Akute Vergiftungen sind aber selten und können nur bei ungenügender Verarbeitung oder Konsum von frischen Wurzeln auftreten. Viel häufiger jedoch sind chronische Vergiftungen durch den täglichen Konsum von Produkten mit relativ geringen Mengen an Blausäure. Verschiedene Krankheiten wie Kropf, Vitamin-B12-Mangel, *Konzo*, neuronale Erkrankungen und Sauerstoffmangel werden in Verbindung mit chronischer Blausäureaufnahme gebracht.

Kleine Mengen Blausäure stellen normalerweise kaum ein toxikologisches Problem dar. Die Leber eines Erwachsenen kann durch die Aktivität des Enzyms Rhodanase pro Tag 20 bis 30 mg Blausäure entgiften. Das produzierte Rhodanid, auch Thio-

cyanat genannt, wird dann über den Harn ausgeschieden (Schulz, 1984). Durch eine permanente Aufnahme von Blausäure kommt es allerdings zu einem ständig hohen Thiocyanatspiegel, was wiederum die Jodaufnahme in der Schilddrüse hemmt. Demnach wird durch einen dauerhaften Maniokkonsum und damit verbundener Blausäureaufnahme das Risiko eines Auftretens von Kropfbildung und Kretinismus erhöht.

Durch Nahrungsknappheit und einer eingeschränkten Aufnahme von schwefelhaltigen Aminosäuren, welche für die Entgiftung notwendig sind, kommt es auch häufig zu der in Zentralafrika bekannten Krankheit *Konzo*, von der vor allem schwangere und stillende Frauen sowie Kinder betroffen sind, und die zu einer permanenten Lähmung der Muskeln führt (Tylleskär et al., 1992).

Das Prinzip der Entgiftung von Maniok ist relativ einfach. Es beruht darauf, dass sowohl das zum Schutz vor Fressfeinden in der Pflanze produzierte Cyanid Linamarin, welches in der intakten Zelle im Zellsaft lokalisiert ist, als auch das zugehörige Enzym Linamarase, welches das Linamarin abbauen kann, gleichzeitig in Maniok vorkommen. Letzteres befindet sich in der Zellmembran. Werden die Zellen bei der Verarbeitung zerstört, kommt die Linamarase mit dem Linamarin in Kontakt und spaltet Glucose vom Linamarin ab, wobei das instabile Acetoncyanohydrin entsteht. Dieses zerfällt weiter zu Aceton und Blausäure, welche dann entweder über den Presssaft weggeschwemmt wird oder bei der Trocknung verdunstet (Mkpong et al., 1990).

Einen wichtigen Beitrag zur Ernährung kann auch der Verzehr von frischen Blättern der Pflanze leisten, welche oft als Gemüse konsumiert werden. So enthalten die Blätter beträchtliche Mengen an Proteinen, Vitamin C, β -Carotin und Riboflavin. Analysen ergaben einen Proteingehalt in der Frischmasse von 7-12g/100g. Je nach Farbe der Blätter sind 230 bis 482 mg Vitamin C in 100g Frischmasse enthalten, wobei der Gehalt mit der Dunkelfärbung der Blätter zunimmt. Durch die Verarbeitung der Blätter sinkt dieser Anteil jedoch beträchtlich. Bereits das Kochen für 10 Minuten führt zu einer Verringerung des Vitamin C-Gehaltes um bis zu 60 Prozent. Üblicherweise werden die Blätter gestampft und für mindestens 30 Minuten gekocht oder aber in der Sonne getrocknet und schließlich zu Mehl verarbeitet. Diese langen Kochzeiten sind nötig, da die Blätter einen noch höheren Cyanidgehalt aufweisen als die Wurzeln. Ein Pürieren und anschließendes Kochen für 80 Minuten führt zu einer Reduktion des Cyanidgehaltes um 92 Prozent.

Allerdings erweist sich bei einer Ernte der Blätter der sinkende Ertrag der Knolle als problematisch. So führt eine monatliche Ernte der Blätter zu einem Verlust von 50 Prozent, wohingegen bei einer vierteljährlichen Ernte der Ertrag nur um 24 Prozent sinkt (Lancaster, 1983).

3.5 Yams als traditionelles Grundnahrungsmittel am Beispiel Nigeria



3.5.1 Ernährung auf der Basis von Yams

Neben Cassava ist Yams die zweitwichtigste Knollenfrucht auf dem afrikanischen Kontinent. Währenddessen Cassava jedoch eher ein Grundnahrungsmittel für die ländliche Bevölkerung darstellt, erfolgt der Konsum von Yams vorwiegend in den städtischen Gebieten – nicht zuletzt aufgrund des vergleichsweise hohen Preises. Aufgrund der steigenden Nachfrage nach Yams als Nahrungsmittel und einer begrenzten Produktion kommt es zu immer höheren Marktpreisen. Dementsprechend zeigt sich, dass mit steigendem Haushaltseinkommen der Verbrauch an Yams ebenfalls zunimmt (Tsegai/ Kormawa, 2002, S. 6). Trotzdem darf der Beitrag von Yams zur täglichen Ernährung in Westafrika – und auch insbesondere Nigeria – nicht unterschätzt werden. So liegt die tägliche Pro-Kopf-Verbrauch von mehr als 150 Millionen Menschen bei über 200 Kilokalorien (Awoniyi/ Omonona, 2006, S. 628).

3.5.2 Anbau, Erntetechnik, Erträge und Lagerung von Yams

Yams ist der allgemeine Oberbegriff für rund 500 Arten der Gattung *Dioscorea* aus der Familie der Dioscoreaceae (Schmerwurzgewächse). Von besonderer Bedeutung sind dabei die aus Westafrika stammenden Sorten *Dioscorea rotundata*, auch weißer Yams genannt, *Dioscorea cayenensis*, der gelbe Yams und *Dioscorea bulbifera*. Die wichtigsten aus Südasien stammenden Arten sind *Dioscorea alata*, genannt

Wasseryams und *Dioscorea esculenta*, der chinesische Yams. Yams ist die einzige Knollenfrucht, bei der sich die afrikanische und die asiatische Sorte vollkommen unabhängig voneinander entwickelten. Erst durch portugiesische Eroberer verbreitete sich *Dioscorea alata* im 16. Jahrhundert auf dem afrikanischen Kontinent. Diese hatten von indischen Seefahrern die Eignung von *D. alata* für lange Seereisen aufgrund ihrer guten Lagerfähigkeit und zur Prävention von Skorbut gelernt (FAO, 1990).

Von größter Bedeutung für die menschliche Ernährung in Westafrika ist die Sorte *Dioscorea rotundata*, gefolgt vom Wasseryams. Der weiße Yams tritt vor allem in der Regenwaldregion auf und ist vermutlich ein Hybrid der anderen afrikanischen Yamsart *Dioscorea cayenensis*, einer vor allem in der Savanne verbreiteten Spezies (Coursey, 1976).

Der Stamm der Pflanze besteht aus zwei Teilen. Der oberirdische wächst und klettert dabei maximal für ein Jahr wie eine Ranke in die Höhe. Der unterirdische Teil verdickt sich im Laufe der Zeit und bildet so eine oder mehrere Yamswurzeln. Diese Knollen dienen der Pflanze als Reservespeicher um Früchte und Samen zu bilden, jedoch erfolgt die Ernte vor der Samenbildung. Zur Reife, im Verlauf der Trockenperiode, sterben die oberirdischen Pflanzenteile ab, während die Knolle in einen Ruhezustand übergeht. Die Schale der Knolle ist dann braun, das Fruchtfleisch weiß oder gelb bis rot. Das Gewicht schwankt zwischen 2 und 5 Kilogramm, kann jedoch in fruchtbaren gut bearbeiteten Böden auch bis zu 20 Kilogramm erreichen (FAO, 1977a).

Insgesamt 95 Prozent der Weltanbaufläche von Yams liegen in Afrika, wobei Nigeria der führende Produzent von Yams ist und über 70 Prozent der weltweiten Erträge erwirtschaftet (FAO, 1990). Andere bedeutende Produzenten von Yams sind die westafrikanischen Länder Elfenbeinküste, Ghana, Benin, Togo und Kamerun (FAO, 1990), die den so genannten Yam-Belt bilden (Oli, 2006, S. 6). Von den im Jahre 2002 weltweit produzierten 39,6 Millionen Tonnen erwirtschaftete Westafrika 92 Prozent (FAO, 2002). Die Anbaufläche steigerte sich von 1,3 Millionen Hektar Anfang der neunziger Jahre auf rund 3 Millionen Hektar im Jahre 2005. Dadurch konnten die Erträge von 14 Millionen auf 34 Millionen Tonnen erhöht werden, wobei jedoch der Ertrag mit 10 bis 11 Tonnen je Hektar nahezu stagnierte (FAOSTATS, 2007).

Da das Wachstum von Yams bei Temperaturen unter 20°C gehemmt wird, muss die Pflanze in Regionen mit tropischem Klima angebaut werden. Für eine normale Entwicklung sind Temperaturen zwischen 25°C und 30°C und ein gleichmäßiger über die Vegetationsphase verteilter Niederschlag von über 1500mm nötig. Eine lange Regenzeit während der Wachstumsphase hat einen positiven Einfluss auf den Ertrag. Yams ist in der Lage nach dem Jungstadium eine längere Trockenperiode zu überstehen, wobei der Ertrag jedoch beträchtlich sinkt. Yams benötigt eine gute Bodenfruchtbarkeit mit einem hohen. Zusätzlich zu einer ausreichenden Konzentration an Nährstoffen sind die Strukturverhältnisse des Bodens von besonderer Bedeutung. So muss der Boden eine wasserführende Schicht aufweisen, da die Wurzel stehendes Wasser über einen längeren Zeitraum nicht verträgt. Sandige Böden eignen sich am besten für die Ausbildung der Knollen, da auch eventuell vorhandene Steine zu Wachstumsstörungen der Knolle führen können. Aus diesen Gründen erfolgt der Anbau der Pflanze meist als Erstfrucht nach frisch gerodeter Busch- oder Waldbrache im System der Shifting Cultivation, da die Böden der humiden Tropen arm an Nährstoffen sind und nur so ein möglichst hoher Ertrag erreicht werden kann (Knoth, 1993). Die Vorbereitung und Pflege der Ackerfläche, sowie die Ernte und Fortpflanzung ist sehr zeit- und arbeitsintensiv. Annähernd 500 Arbeitstage je Hektar werden benötigt um 10 Tonnen zu erwirtschaften. Von diesem Ertrag müssen zwei Tonnen für die Fortpflanzung eingerechnet werden, wodurch nur etwas acht Tonnen für den Konsum verbleiben (Coursey, 1966b). Der hohe Arbeitsaufwand und die Tatsache, dass Yams nur als Primärfrucht der Shifting Cultivation angebaut werden kann, führen dazu, dass der Anbau von Yams zunehmend durch Cassava ersetzt wird (Knoth, 1993).

Die Vermehrung von Yams erfolgt meist vegetativ, da die meisten Sorten ihre Eigenschaft verloren haben, Samen zu bilden und aus Samen gezogene Pflanzen geringere Erträge aufweisen. So werden meist ganze oder geteilte Knollen zur Vermehrung eingesetzt, wobei kleine ungeteilte Knollen bevorzugt werden. Die Fähigkeit der Knolle an jeder Stelle der Oberfläche keimen zu können, wird sich bei der "Miniset Propagation Methode" zu Nutze gemacht. Hierfür werden Knollen mit mehreren Keimungspunkten eingepflanzt um nach der Bildung von Pflanzensprossen und Wurzeln die so entstehenden Tochterpflanzen von der Mutterknolle abzutrennen und weiter zu verpflanzen. Diese Methode wurde in Nigeria entwickelt und findet mittlerweile in vielen anderen Teilen Afrikas Verwendung, da so die benötig-

te Menge zur Vermehrung der Pflanze von zwei Tonnen auf rund 400 Kilogramm verringert werden kann (FAO, 2001).

Die Auspflanzung wird in Nigeria meist auf Hügeln mit bis zu 90cm Höhe vorgenommen, die aus gelockertem Boden aufgeworfen werden. Anschließend wird die Hügelkuppe mit Gras abgedeckt, um so die Bodenfeuchtigkeit zu erhalten und Erosion zu vermeiden. Da es sich bei Yams um eine Schlingpflanze handelt, muss jeder Hügel zusätzlich mit einer Stütze versehen werden, an denen sich die Triebe emporwinden können.

Die Ernte erfolgt entweder in einem Schritt, wenn die Blätter vergilben und die Ranken abzusterben beginnen, oder aber als zweimalige Ernte. Mit der zweiten Methode können bei einigen Arten die Knollen bereits nach vier bis fünf Monaten vorsichtig freigelegt und abgetrennt werden. Anschließend wird der Wurzelstock wieder mit Erde bedeckt und es kommt bis zum Absterben des Obertriebs zu einer erneuten Entwicklung von Knollen. Der Gesamtertrag ist bei zweimaliger Ernte jedoch nicht explizit höher und erfordert zusätzliche Arbeitskraft. Auch sind die Knollen der zweiten Ernte meist kleiner, demzufolge weniger für den Konsum geeignet und dienen daher primär zur vegetativen Vermehrung. Für hohe Erträge wird deshalb die einmalige Ernte bevorzugt (Knoth, 1993).

Wichtig ist eine sorgfältige Ernte, da nur unbeschädigte und gesunde Knollen lagerfähig sind. Wurzelknollen mit Abschürfungen und Quetschungen müssen dagegen sofort weiterverarbeitet werden. Der erste Schritt der Lagerung beinhaltet das Härten der Knolle um die Bildung einer festen Schutzschicht zu fördern. Hierfür werden die Knollen oberirdisch aufgeschichtet, mit Gras bedeckt und zusätzlich für vier Tage mit einer Plane überzogen. Eine in Nigeria weit verbreitete Möglichkeit ist auch die zweiwöchige Einlagerung in einer Grube, die mit trockenem Gras ausgelegt ist, in die die Wurzeln aufgeschichtet und mit einer dünnen Schicht Erde bedeckt werden. Für beide Methoden sind hohe Temperaturen und Luftfeuchtigkeit nötig, die aber auch das Wachstum von Bakterien und Pilzen fördern. Daher ist es ratsam eine Vorbehandlung mit Asche oder Kalk vorzunehmen.

Nach der Härtung erfolgt die eigentliche Lagerung. Die einfachste Methode in diesem Zusammenhang ist die Behandlung der aufgeschichteten Knollen mit Asche, welche anschließend mit Erde bedeckt im Freien oder in Hütten gelagert werden. Eine in Westafrika weit verbreitete Speicherart ist die Lagerung in Scheunen. Für eine gute Durchlüftung werden die Knollen hierbei einzeln angebunden und sind so

für bis zu sechs Monate ohne größere Verluste lagerfähig. Um Yams vor Ratten und anderen Nagern zu schützen kann die Ernte auch auf erhöhten Regalen gelagert werden (FAO, 1998).

3.5.3 Typische Verwendungs- und Verarbeitungsmethoden von Yams

Die Yamswurzel wird vorwiegend gekocht, gebacken, geröstet oder als Brei konsumiert. Zur Erzeugung des *Yam-Fufu*, einer Art Brei, werden die Wurzeln geschält, gekocht und anschließend zerstampft bis ein klebriger elastischer Teig entsteht. Das einzige traditionell hergestellte Produkt aus Yams ist Mehl. Mit Ausnahme der Bevölkerungsgruppe der Yoruba in Nigeria, wird das Mehl jedoch als minderwertiges Nahrungsmittel angesehen, da es oft aus beschädigten nicht lagerfähigen Wurzeln hergestellt wird. Zur Herstellung des Mehls werden die Knollen in Scheiben geschnitten, vorgekocht und in der Sonne getrocknet. Anschließend werden die Scheiben in Mörsern zu einem feinen Mehl zerrieben. Eine industrielle Verarbeitung von Yams in Nigeria zu Produkten wie *Foutoupret* und *Poundo*, ist von geringerer Bedeutung. Hierfür wird die Knolle durch Walzentrocknung zu Flakes verarbeitet, die mit kochendem Wasser zu einem Nahrungsbrei weiterverarbeitet werden können (FAO, 1990).

3.5.4 Charakteristische sowie limitierende und schädliche Inhaltsstoffe von Yams

Wie alle Knollenfrüchte besitzt auch Yams einen hohen Wassergehalt, was zu einer geringen Energiedichte führt. So schwankt der Feuchtegehalt in den verschiedenen Sorten von Yams zwischen 58 Prozent bis zu über 80 Prozent. Der Hauptnährstoff in der Knolle sind Kohlenhydrate, welche primär als Stärke im inneren Gewebe gespeichert werden. Je nach Pflanzenart liegt der Amylosegehalt zwischen 14 Prozent und 30 Prozent (Moorthy, 2002). Neben der Stärke enthält die Wurzel nur geringe Mengen an Proteinen, Fett und Vitaminen. Eine Übersicht der chemischen Zusammensetzung der verschiedenen Yams-Sorten zeigt Tabelle 8.

Tab. 8: Übersicht über die chemische Zusammensetzung von Yams-Sorten

Yams-Art	Feuchtigkeitsgehalt in %	Kohlenhydrate in %	Fette in %	Gesamtprotein in %
D. alata	65-73	22-29	0,1-0,3	1,1-2,8
D. rotundata	58 - 80	15 - 23	0,1 - 0,2	1,1 - 2,0
D. esculenta	67-81	17-25	0,1 -0,3	1,3- 1,9
D. bulbifera	63-67	27-33	0,1	1,1-1,5

(Quelle: Coursey, 1967)

Der im Unterschied zu anderen Wurzelgemüsen relativ hohe Proteingehalt schwankt je nach Sorte zwischen 1,3 und 3,3 Prozent (Francis et al., 1975). Wie andere Knollenfrüchte auch, enthält Yams eine angemessene Menge an Lysin (256 mg N/g), Phenylalanin (300 mg N/g) und Threonin (225 mg N/g). Ein Mangel besteht vor allem an schwefelhaltigen Aminosäuren wie Cystein (72 mg N/g) und Methionin (100 mg N/g) sowie an der aromatischen Aminosäure Tryptophan (80 mg N/g) als auch an Isoleucin (234 mg N/g) (FAO, 1970).

Der als sehr gering einzuschätzende Fettgehalt liegt zwischen 0,1 und 0,3 Prozent und besteht vor allem aus den Fettsäuren Palmitinsäure und Stearinsäure sowie den ungesättigten Fettsäuren Ölsäure, Linolsäure und Linolensäure (Osagie et al., 1981).

Der Vitamingehalt von Yams wird vor allem durch Ascorbinsäure bestimmt, deren Anteil zwischen 6 und 10 mg pro 100 Gramm liegt. Einige Sorten enthalten jedoch sogar bis zu 21 mg pro 100 Gramm. Andere Vitamine sind dagegen in nur sehr geringen Mengen vorhanden, so liegt etwa der Gehalt an Riboflavin bei rund 0,01-0,04 mg auf 100 Gramm, der des Thiamins bei 0,01-0,11 mg auf 100 Gramm und der von Niacin bei 0,3-0,8 mg auf 100 Gramm. Vor allem der gelbe Yams, *D. cayenensis*, enthält erwähnenswerte Mengen an Carotinoiden, vor allem β -Carotin, in Mengen zwischen 0,14 und 1,4 mg pro 100 g (Martin et al., 1974). Yams ist außerdem reich an Vitamin B6 (WHFoods, 2007).

Der Aschegehalt liegt je nach Art zwischen 0,6 und 1,7 Prozent in der Frischmasse. So enthält Yams vor allem einen beträchtlichen Anteil an Phosphor und Mangan, sowie in geringerem Ausmaß Magnesium und Kupfer. Kalzium, Kalium und Eisen sind in nur relativ geringen Mengen enthalten (Oke, 1968).

3.5.5 Bewertung der Diät und auftretende Fehl- und Mangelerscheinungen bei der Ernährung mit Yams

Yams ist wie alle Knollenfrüchte vor allem eine stärkehaltige Pflanze mit einem sehr geringen Proteinanteil. Allerdings weist Yams im Vergleich mit anderem Wurzelgemüse wiederum einen relativ hohen Proteingehalt auf, welcher jedoch nicht mit denen von Leguminosen vergleichbar ist. Ein täglicher Konsum von 500-1000 Gramm deckt so nur 6 Prozent der täglich benötigten Eiweißmenge und die biologische Wertigkeit liegt zwischen 57-69 (Francis et al., 1975). Um den Proteinbeitrag zur Diät zu maximieren, sollte die Nahrung mit einer Vielzahl anderer Nahrungsmittel, einschließlich Getreide, ergänzt werden. So ist in Regionen mit einem hohen Konsum an Yams die Mangelkrankheit Kwashiorkor weit verbreitet. Zu einem geringen Proteinanteil in der Nahrung kommt zusätzlich ein negativer Einfluss von Phytinsäure auf die Proteinverdaulichkeit sowie die Bioverfügbarkeit einiger Mineralstoffe. Diese Säure ist mit etwa 637 mg in 100 g Yams enthalten und bindet vor allem Eisen, Zink und Kalzium zu einem unlöslichen Komplex, welcher im Darm nicht gespalten werden kann und so die Aufnahme der Mineralstoffe verhindert. Die Verarbeitung von Yams verringert jedoch den Gehalt an Phytinsäure, Kochen zum Beispiel führt zu einer Abnahme um 62 Prozent (Marfo, 1988).

Wasseryams und gelber Yams sind verglichen mit dem am weitesten verbreiteten weißen Yams reicher an verdaulichen Proteinen sowie einigen Vitaminen, wie vor allem β -Carotin. Da die Verarbeitung von Yams auch zu Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung der Nahrung führt, verringert sich der Vitamin C-Gehalt durch das Schälen und Kochen der Knolle um rund ein Drittel. Demgegenüber bleibt der Vitamin Gehalt bei ungeschälten Knollen nach dem Kochen nahezu unverändert, und auch das Braten und Rösten führt nur zu geringeren Verlusten (Coursey, 1966a). Die Weiterverarbeitung führt durch die Modifizierung der Stärke sowie dem Verlust an Mineralstoffen zu einem höheren Anteil an Ballaststoffen (FAO, 1990). In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Inhaltsstoffe der Yams-Wurzel in Zusammenhang mit der Verarbeitung der Knolle aufgeführt.

Tab. 9: Einfluss des Kochens auf die Zusammensetzung von Yams (berechnet auf Basis der frischen Wurzel)

	Ausgangswert (g/kg ⁻¹)	Abweichung		
		Kochen	Dämpfen	Backen
Feuchtgehalt	766 (12) ²	12.0	-1.8	-68.0
Aschegehalt	7.5 (0.3)	-1.2	-0.1	0.1
Stärke	186 (21)	5.8	-3.1	-3.6
Ballaststoffe	15.6 (4.4)	16.3	16.0	9.2
Zucker				
Fructose	2.2 (0.9)	-0.7	-0.6	-0.8
Glucose	1.6 (0.9)	-0.4	-0.5	-0.6
Saccharose	5.1 (2.4)	1.4	0.7	0.9
Maltose	0.8 (0.3)	0.1	-0.2	-0.2
Mineralien mg/kg ⁻¹				
Ca	60 (12)	-2.6	-9.9	-4.7
P	390 (20)	-33.0	8.4	-25
Mg	150 (10)	-8.0	2.2	-11.4
Na	58 (25)	-28.0	-17	-8
K	3450 (200)	-630.0	-70	-230
S	140 (10)	-17.0	2.4	-1.0
Zn	3.2 (0.3)	0.1	-0.1	-0.3
Mn	0.3 (0.1)	-0.1	-0.1	-0.1
Al	2.1 (1.1)	0	0.2	0.3
B	1.0 (0.1)	-0.2	-0.1	-0.1

(Quelle: nach Bradbury/ Holloway, 1988)

Die kultivierte Yamswurzel enthält keine giftigen Stoffe. Nur unreife Knollen der Gattung *D. rotundata* und *D. cayenensis* sowie die als bittere Yamswurzel bekannte Art *D. dumetorum* bilden in ihrem Gewebe Polyphenole und tanninhaltige Verbindungen. Bittere Yamssorten werden normalerweise nur in Zeiten der Nahrungsmittelknappheit konsumiert. Zur Entgiftung müssen die Wurzeln in Salzwasser eingeweicht und gekocht werden, um so das wasserlösliche Alkaloid Dihydrodioscorin auszuspülen (FAO, 1990).

3.6 Bewertung der Diät und auftretende Fehl- und Mangelerscheinungen auf Basis pflanzlicher Ernährung

Die in diesem Kapitel vorgestellten, primär stärkehaltigen Pflanzen, geben einen Überblick über die bedeutendsten in Afrika kultivierten Arten für die tägliche Ernährung. Neben ihnen sind in verschiedenen Regionen aber auch andere Nahrungspflanzen von Bedeutung. So spielt abgesehen von der in diesem Kapitel vorgestellten Mohrenhirse (*Sorghum bicolor*) die Millet-Hirse eine wichtige Rolle für die Ernährung in bestimmten Ländern wie Nigeria, dem Niger oder in Mali. Zu den wichtigsten Millet-Sorten zählen die Perlhirse (*Pennisetum glaucum*) sowie Fingerhirse (*Eleusine coracana*), Kolbenhirse (*Setaria italica*) und die Rispenhirse (*Panicum miliaceum*). In Äthiopien ist die Kulturhirse Teff (*Eragrostis tef*) eine wichtigste Nahrungspflanze. Auch Taro (*Colocasia esculenta*), von der die stärkehaltigen Knollen oder die mineralstoff- und vitaminhaltigen Blätter genutzt werden, spielt in Ländern wie Nigeria und Ghana eine wichtige Rolle bei der täglichen Ernährung. Charakteristisch für all diese Pflanzen ist ihr hoher Kohlenhydratgehalt und der Mangel an Proteinen respektive an essentiellen Aminosäuren sowie an Mineralstoffen und Vitaminen. Vor allem Ensete fällt durch eine extrem geringe Proteinkonzentration auf. Zusätzlich zu einem geringen Gehalt ist, verglichen mit Proteinen tierischer Herkunft, die biologische Wertigkeit sowie die Absorptionsrate in pflanzlichen Produkten niedriger. Ebenso beträgt die Absorptionsrate von Eisen aus pflanzlicher Nahrung nur 1-10 Prozent, wobei die des Hämeisens aus tierischen Produkten bei 15-35 Prozent liegt. Bei einer primär vegetarischen Ernährung ist zudem ein Mangel an Vitamin B12 typisch (FAO, 1992b). Dies führt bei langfristiger einseitiger Ernährung auf Basis dieser Pflanzen zu den in Kapitel 1 beschriebenen Mangelerscheinungen. Von entscheidender Bedeutung bei allen Pflanzen ist ihre Verarbeitung. Diese führt zu positiven wie negativen Veränderungen im Nahrungsmittel. Die Verarbeitung des Maiskorns durch Entfernung des Keimlings ist mit einer Reduzierung des Fettgehalts sowie einer Verringerung essentieller Aminosäuren verbunden. Eine Fermentation von Cassava zu Gari führt zu einer Absenkung der Protein- und Mineralstoffkonzentration, wohingegen die Fermentation bei Ensete zu einem geringen Anstieg des Proteingehalts führt. Ein positiver Effekt bei der Verarbeitung von Pflanzenprodukten ist die Absenkung der Konzentration an sekundären Pflanzenstoffen. Eine Minderung der Phytinsäure kann bei Sorghum durch die Ent-

fernung der Aleuronschicht bei der Vermahlung des Korns und bei Yams durch Kochen erreicht werden. Dies steigert die Protein- sowie die Mineralstoffverdaulichkeit. Neben Phytinsäure enthält das Sorghumkorn aber auch Tannine in Perikarp und Testa. Um dessen negativen Wirkungen auf den Ernährungswert des Sorghums zu minimieren, müssen demnach Perikarp und Testa entfernt werden, was durch die Bearbeitung mit Mühlen und Mörsern vollständig erreicht werden kann. Bei der Erzeugung von Cassavaprodukten hingegen ist die Verarbeitung zur Reduzierung der toxischen Cyanide von entscheidender Wichtigkeit.

Keine der in diesem Kapitel analysierten Pflanzen erfüllt alle Anforderung für eine ausgeglichene und ausgewogene Ernährung, wenn die Pflanzen als primäres Lebensmittel über einen längeren Zeitraum konsumiert werden. Zur Deckung der benötigten Makro- und Mikronährstoffe ist daher eine Verbesserung der Ernährung nötig. Möglichkeiten dafür werden im nächsten Kapitel aufgezeigt und auf ihre möglichen Vor- und Nachteile untersucht.

4 Mögliche Ansätze zur Verbesserung der Ernährungssituation

Ziel der Ernährungshilfe ist es, eine ausgewogene Ernährung zu jeder Jahreszeit und jedem Familienmitglied zugänglich zu machen. Neben einer Verbesserung der Hygiene, um Krankheiten vorzubeugen, die zusätzlich die Gesundheit beeinträchtigen, gibt es vielfältige Ansätze. So kann durch verbesserte Anbaumethoden die Nahrungsmittelproduktion gesteigert werden und eine anschließende Umgestaltung der Lagerung zu geringeren Ernteverlusten führen. Eine weitere Variante zur Steigerung der Erträge sowie des Nährwertes der Pflanze ist die Gentechnik. Der Einsatz von Dünger und die Züchtung von Hochertragssorten ist eine weitere Möglichkeit. Um einen Mangel an Mikronährstoffen auszugleichen bzw. zu verhindern erfolgt in vielen Teilen Afrikas eine Supplementierung der Nahrung. Ein weiterer Ansatz ist die Haltung von Kleintieren und Vieh um die primär pflanzliche Ernährung durch tierische Produkte zu ergänzen und zu verbessern. Kapitel 4 beschäftigt sich mit ausgewählten Beispielen, die zu einer Verbesserung der Ernährungssituation führen können.

4.1 Gentechnik und Züchtung – Pro und Kontra

Von immer größerer Bedeutung zur Lösung von Hunger und Armut ist der Anbau genetisch veränderter Pflanzen. Ziel der Forschung sind steigende Ernteerträge, verringerte Produktionskosten, umweltschonende Anbaumethoden, Krankheitsresistenzen sowie eine Anreicherung mit Mikronährstoffen. Etwa 30 Prozent aller genetisch veränderten Pflanzen werden mittlerweile in Entwicklungsländern angebaut (James, 2003).

Die intrinsische Anreicherung pflanzlicher Lebensmittel mit Mikro- und Makronährstoffen („Biofortification“) ist eine bedeutende ernährungsphysiologische Errungenschaft der Gentechnik. Durch genetische Veränderung werden Pflanzen so beeinflusst, dass sie, je nach Eingriff, erhöhte Vitamin- und Mineralstoffkonzentrationen produzieren. So wurde zum Beispiel ein β -Carotin-haltiger Reis („Golden Rice“) im Jahre 2000 entwickelt. Ernährungsphysiologische Vorteile von „Golden Rice“ sind jedoch bisher nicht nachgewiesen worden. Weder die benötigte Menge an β -Carotin-haltigem Reis noch die Bioverfügbarkeit von β -Carotin aus Reis sind bekannt. Angaben zu Mengen an Golden Rice, die pro Tag verzehrt werden müssten,

um einen Vitamin-A-Mangel zu vermeiden, reichen von 2 bis 54 Reisschüsseln (Hickey et al. 2003). Zudem ist die Resorptionsrate von β -Carotin gering, und es ist auch nicht sicher, wie viel Fett mit dem Reis verzehrt werden muss, um das β -Carotin im Magen-Darm-Trakt resorbieren zu können. Daher herrscht Unklarheit, ob mit dem täglichen Verzehr von ca. 200g ‚Golden Rice‘ der Tagesbedarf von Kindern (400 μ g Vitamin A) gedeckt werden kann. Da die Umwandlung in Vitamin A in der Leber erfolgt, können Kinder, die aufgrund einer schwerer Unterernährung oder Infektionen eine Lebererkrankung aufweisen, nicht vom gesteigerten Carotinoidgehalt profitieren. Problematisch ist zudem die Akzeptanz von gelbem Reis in der Bevölkerung, da bereits Versuche mit mineralstoffreichem, ungeschältem braunen Reis an Vorbehalten in der Bevölkerung und der Bevorzugung von weißem Reis gescheitert sind.

Weitere Forschungen beschäftigen sich mit der Steigerung des Gehalts an Mikronährstoffen, wie Eisen (Goto et al., 1999), Zink, Jod und Vitamin E in Grundnahrungsmitteln (Rochefford et al., 2002). Ein weit verbreitetes Problem in Entwicklungsländern ist ein Mangel an essentiellen Aminosäuren. Durch genetische Veränderung im Mais, das Grundnahrungsmittel in weiten Teilen Afrikas, soll die Pflanze mit Lysin und Tryptophan angereichert werden (MPI, 2000).

Befürworter der Gentechnik argumentieren, dass konventionelle Züchtungsmethoden die steigenden Anforderungen an landwirtschaftliche Anbaumethoden unter schwieriger werdenden Bedingungen, wie Trockenheit oder Bodendegeneration nicht erfüllen. Der Einsatz von genetisch veränderten Pflanzen leiste einen wichtigen Beitrag zur Ertragssteigerung und Stabilisierung durch Anpassung an ‚biotische‘ (z.B. Schädlinge) und ‚abiotische‘ (z.B. Bodenversalzung) Stressbedingungen (Conway, 2003.).

Kritiker der Gentechnik beurteilen das Potential für eine Ertragssteigerung jedoch problematisch. Für die Ernährungssicherung ist die Produktion verschiedener Lebensmittel für den lokalen Markt wichtig und nicht der Anbau von Pflanzen für den Verkauf auf internationalen und nationalen Märkten. Der Anbau neuartiger Pflanzen verringert die Selbstversorgungsfähigkeit der Bauern, da lokale Artenvielfalt, Wissen und nachhaltige Landwirtschaftssysteme zerstört werden. Auch ohne Gentechnik entwickeln afrikanische Bauern angepasste Anbaumethoden, um in marginalen Gebieten mit geringem landwirtschaftlichem Potential Erträge zu erzielen (PANNA, 1998). Ein weiteres Problem ist die Nutzung von Samen für die

nächste Anzucht, welche mit Hybridsamen und Samen aus genetisch veränderten Pflanzen nicht möglich ist und so eine finanzielle Abhängigkeit durch den jährlichen Kauf von Saatgut entsteht (Krawinkel, 2004).

Neben der Biofortification durch Gentechnik liegt ein weiterer Schwerpunkt dieser Technologie in der Zucht und Kreuzung von ertragsreichen mit mikronährstoffreichen Pflanzen. So erfolgte bereits eine Züchtung ertragsreicher Cassavasorten mit einem erhöhten β -Carotingehalt, in denen zusätzlich die Retention der β -Carotinode nach dem Kochprozess erhöht werden konnte. Ein weiterer Schwerpunkt in der Forschung sind Arten mit gesteigerten Eisen- und Zinkkonzentrationen (CIAT, 2006). Die Untersuchung von Mais ist neben Cassava ebenfalls bedeutsam. Wissenschaftler entdeckten Maissorten mit Eisenkonzentrationen von 40-45 mg/kg und Zinkkonzentrationen von 50-62 mg/kg im Keimling, sowie Arten mit Provitamin A-Konzentrationen von 15 μ g/g (CIMMYT, 2006). In einigen afrikanischen Ländern sind die so gezüchteten Pflanzen schon so weit entwickelt, dass es erste Verbraucherversuche gab.

In Äthiopien wurden Sorghumsorten mit erhöhten Lysingehalten im Endosperm entdeckt. Der durchschnittliche Gehalt an Lysin lag bei einem Gesamtproteingehalt von rund 16 Prozent bei etwa 3,2g pro 100g Protein. Konventionelle Sorten, die unter identischen Bedingungen angebaut wurden, enthielten einen Lysingehalt von lediglich 2,1g auf 100g Protein (Singh et al., 1973). Nach Forschungen mit Mais fanden Wissenschaftler Sorten mit einem erhöhten Ölgehalt, verursacht durch einen größeren Keimling im Korn, was zu einer Zunahme von 4 auf 15 Prozent Öl im Maiskorn führt. Es fanden sich zudem Sorten mit einem erhöhten Gesamtproteingehalt. Durch die Zunahme der Prolaminfraktion im Endosperm steigert sich so der Gehalt von 6 auf 18 Prozent (Dudley, Lambert, 1969). Neben diesen Sorten sind auch Mais-Mutanten mit einem erhöhtem Lysingehalt gezüchtet und auch in Kultur genommen worden (opaque-2, opaque-7 floury-2 u.a.). Durch die Reduzierung des Zeinanteils steigt der relative Anteil anderer, lysinreicherer Speicherproteine. Die Gesamtproteinmenge ist geringer als beim "normalen" Mais doch steigt die Biologische Wertigkeit durch die Erhöhung essentieller Aminosäuren auf 87 Prozent, verglichen mit 32 Prozent für gewöhnlichen Mais. So reicht bereits die tägliche Aufnahme von 125g opaque-2-Mais um ein Stickstoffgleichgewicht aufzuweisen, welche selbst mit der doppelten Menge an gewöhnlichem Mais nicht erzielt werden kann (Clark et al., 1967).

Die Hauptzielsetzungen der Forschung zur Verbesserung der Yamswurzel beinhaltet neben dauerhaft höheren Erträgen vermarktungsfähiger Knollen, annehmbarere Knollenqualitäten (vor allem verbesserte Kochqualität, Beschaffenheit, Geschmack, Rate des enzymatischen Bräunung), erhöhte Toleranz gegenüber biotischen und abiotischen Stressbedingungen sowie eine verbesserte Lagerfähigkeit (Asiedu et al., 1997, Egesi et al, 2003).

Der wohl größte Vorteil dieser verschiedenen Züchtungen ist, dass die Nährstoffe in der Pflanze „mitwachsen“ und so ein billiges und für afrikanische Bauern zugängliches Grundnahrungsmittel entsteht. Eine Supplementierung oder Anreicherung von Nahrungsmittel ist daher nicht mehr nötig.

4.2 Verbesserung der Nahrungsqualität durch Supplementation und Anreicherung

Neben einer Erhöhung einzelner Inhaltsstoffe durch Züchtung und Gentechnik ist die Anreicherung der Grundnahrungsmittel von zentraler Bedeutung, um eine ausgewogene und den Ernährungsanforderungen entsprechende qualitativ hochwertige Nahrung zu erhalten. Schon vor den Erkenntnissen über den Proteingehalt, deren Qualität und Verdaulichkeit erkannte man, dass das Mischen von Getreide mit Leguminosen oder anderen Getreidearten die Ernährung verbessern konnte. Aufgrund ihres hohen Eiweißgehaltes und der großen Erträge auf kleinen Flächen sind Früchte und Samen der Leguminosen vor allem bei primär vegetarischer Ernährung eine wichtige Ergänzung. Mischungen von Sorghum mit Mungbohnen (*Vigna radiata*), Straucherbsen (*Cajanus cajan*), Kichererbsen (*Cicer arietinum*), Augenbohnen (*Vigna unguiculata*) oder Sojabohnen (*Glycine max.*) zur Ernährung von Kindern wurden erfolgreich durchgeführt (Vimala, 1990). Vor allem das Eiweiß der Sojabohne ist eines der wenigen pflanzlichen Proteine, die als vollwertig bezeichnet werden können, da es mit 39 Prozent an essentiellen Aminosäuren dem Hühnerei am nächsten kommt. Der Lysingehalt liegt bei 6,9 Prozent im Rohprotein. Auch liegt der Tocopherolgehalt des Sojaöles mit 920 bis 1.500 mg/kg beachtlich hoch. Die Kichererbse enthält etwa 20 Prozent Rohprotein sowie beachtliche Mengen an Vitamin A und E sowie einige Vitamine des B-Komplexes. Die Aminosäurezusammensetzung des Rohproteins der Mungbohne ist mit einem Lysingehalt von maximal 9,4 Prozent ebenfalls sehr hochwertig (Schuster, 1998). Eine Ernährungsweise

auf Basis von Sorghum, Weizen- und Sojamehl erfüllt die Empfehlungen der FAO für die benötigte Menge an Aminosäuren, wobei über 25 Prozent der Energie dieser Diät durch Fett und über 10 Prozent durch Eiweiß gedeckt wird. Diese Nahrung besitzt so den gleichen PER-Wert (Protein Efficiency Ratio) wie Casein (Okeiyi, 1983).

Auch in Gebieten mit hohem Maiskonsum ist, neben der Verwendung von Qualitätsmais, die Zugabe von Leguminosen, Milch oder Sojabohne vorteilhaft. Mais, gekennzeichnet durch einen Mangel an Lysin und Tryptophan, aber adäquaten Mengen an schwefelhaltigen Aminosäuren, ergänzt sich gut mit Leguminosen, welche sich durch einen Mangel an Methionin und Cystein auszeichnen, aber hohe Mengen an Lysin und Tryptophan aufweisen. Die beste Vervollständigung wird erreicht wenn der Maisanteil 70 Prozent und der Leguminosenanteil 30 Prozent beträgt (Bressani/ Elias, 1974). Zusätzlich vorteilhaft ist die Zugabe von bis zu 10 Prozent Öl in die Kost. Verschiedene Studien weisen jedoch darauf hin, dass, obwohl durch die Zugabe von Leguminosen die Proteinqualität verbessert werden kann, die Qualität für Kleinkinder und Vorschulkinder nicht ausreichend ist (Scrimshaw, 1960; Hansen et al., 1961, Brock, 1961). Erst eine zusätzliche Beigabe tierischer Proteine, in Form von Milch oder Fleisch, führt zu einem ausgewogenen Nährwert (Torún, 1984). Eine weitere Möglichkeit wäre das Mischen von Weizenmehl mit Mehlen anderen Getreide oder Leguminosen zur Brotherstellung (Dendy, 1992).

Neben der Anreicherung der Kost mit verschiedenen Pflanzen besteht die Möglichkeit der Supplementation der Nahrung oder die direkte Gabe von Vitamin- und Mineralstoffpräparaten (Zlotkin et al., 2005). Versuche mit angereichertem Maisbrei (11mg Eisenfumarat, 3mg β -Carotin und 3mg Zinkfulfat pro 40g Trockenprodukt) führten nach sechsmonatiger Supplementation zu einer Abnahme der Anämie und einem verbesserten Eisenstatus bei Kleinkindern sowie einer erhöhten Retinolkonzentration. Eine Verbesserung der Zinkkonzentration konnte nicht nachgewiesen werden. Mögliche Ursache ist die Anwesenheit von absorptionshemmenden Phytat im Maisbrei (Faber et al., 2005). Die orale Gabe von Vitamin- und Mineralstoffkapseln durch Gesundheitsämter oder Hilfsorganisationen ist eine weitere Möglichkeit. Ein zusätzlicher Konsum von hochkonzentrierten Vitamin A-Kapseln an stillende Mütter führt so zu einem erhöhten Gehalt des Vitamins in der Muttermilch

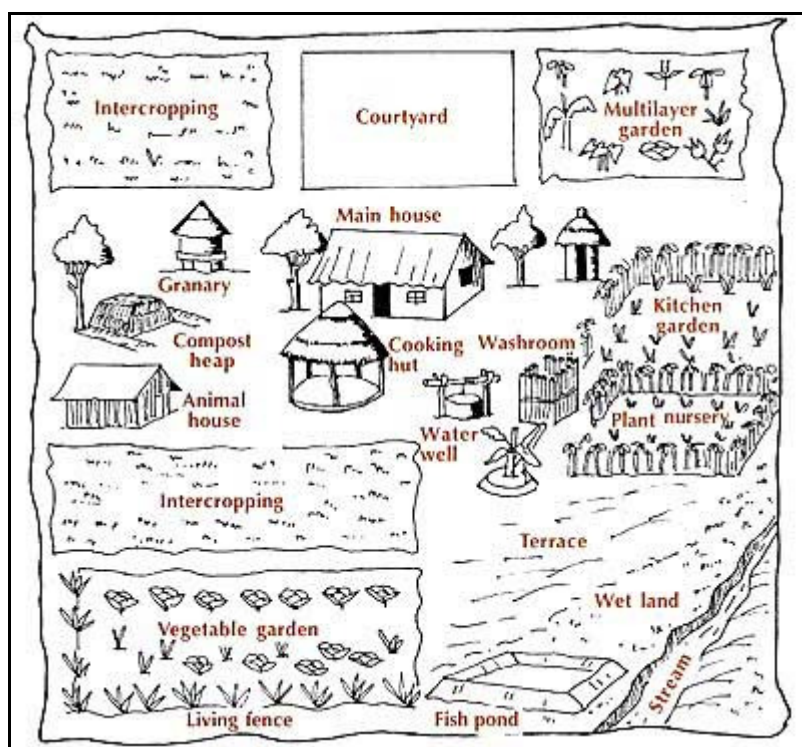
(Bahl et al., 2002). Eine in Europa seit einigen Jahrzehnten gängige Möglichkeit zur Senkung von Jodmangelerscheinungen ist die Anreicherung von Salz (WHO, 2006).

4.3 Verbesserung der Anbaumethoden und Lagerung

Die Tatsache, dass nur wenige Länder Afrikas staatlich geförderte Programme zur oralen Supplementierung gestartet haben und eine Verbesserung der Grundnahrung am mangelnden Anbau nährstoffreicherer Pflanzen limitiert wird, führt zur Überlegung die Ernährungssituation durch die Förderung von familiären Kleingärten zu verbessern.

Die Produktion unterschiedlicher Getreide, Obst und Blattgemüse in einem kleinen Bereich erlaubt intensivere Produktionsmethoden und eine wirkungsvollere Anwendung der knappen Ressourcen. Heimgärten erlauben auch den Gebrauch von Methoden organischen Bewirtschaftens (z.B. der Gebrauch vom grünen Düngemitteln, Kompost und von den natürlichen Schädlingsbekämpfungsmitteln), die die Kosten der Nahrungsmittelproduktion verringern. Dies bedeutet, dass Heimgärten mit extrem begrenzten ökonomischen Mitteln entwickelt werden können. Einen typischen Aufbau eines kleinbäuerlichen Gartens gibt Abbildung 6:

Abb. 6: Aufbau eines familiären Kleingartens



(Quelle: FAO, 2001)

Zwischenfeldfrüchte und die mehrstöckige Bepflanzung in den Kleingärten ergeben so eine Vielfalt unterschiedlicher Getreidearten sowie Früchte und ermöglichen eine abwechslungsreiche und dauerhafte Versorgung mit Nahrungsmitteln. Mehrjährige Pflanzen können essbare Blätter und Früchte während den Trockenperioden zur Verfügung stellen und garantieren so, zusammen mit der Parzelle, auf der das Hauptnahrungsmittel angebaut wird, eine ununterbrochene Versorgung mit Gemüse, Früchten und anderen Getreiden, die bedeutende Quantitäten an Energie, Protein, Vitamine A und C sowie Eisen ausweisen.

Wichtig bei der Auswahl der Fruchtbäume ist die Tatsache, dass einige während des ganzen Jahres reife Früchte zur Verfügung stellen, andere jedoch nur zu bestimmten Jahreszeiten. Einige Bäume (z.B. Zitrusfrucht, Mango, Avocado) benötigen zudem mehrere Jahre bis zur ersten Ernte reifer Früchte, produzieren dann aber kontinuierlich für eine lange Zeit, ohne eine Neupflanzung zu benötigen. Die beste Vorgehensweise ist daher der gemischte Anbau mit schnell tragenden Bäumen (z.B. Papaya, Banane, Guave).

Ein Vorteil der meisten grünen Blattgemüse, die in Afrika gegessen werden, ist die Möglichkeit einer mehrfachen Ernte, bevor eine Neupflanzung nötig ist. Eine beträchtliche Vielzahl der Blattgemüsearten ist bereits drei bis vier Wochen nach Anpflanzung erntereif. Einige schnell wachsenden Arten können jedoch nur zwei- bis viermal geerntet werden (z.B. Amaranth und Raps) während andere langsam wachsende Grüngemüse essbare Blätter über das ganze Jahr liefern (z.B. Cassava). Eine ausgewogene Mischung des schnell und langsam-reifenden Blattgemüses ist daher von Vorteil. Zu berücksichtigen ist ebenfalls die Tatsache, dass einige Blätter während der trockenen Winterzeit extrem bitter und daher nicht für den Konsum geeignet sind. Die Blätter enthalten beträchtliche Mengen an Proteinen, Vitamin C, β -Carotinen und Riboflavin.

Die Auswahl der verschiedenen Hülsenfrüchte erfolgt entsprechend der Jahreszeit und den klimatischen Gegebenheiten des jeweiligen Anbaubereiches. Ein Anbau von Hülsenfrüchten wie der Augenbohne, Erdnuss und Bambara-Erdnuss (*Vigna subterranea*) erfolgt normalerweise mit Feldfrüchten wie Mais. Ist ein Zugang zu genügend Wasser vorhanden kann ein Anbau auch in den Kleingärten erfolgen. Früh-reifende Arten werden zum Anfang der Regensaison angepflanzt, wodurch eine erneute Bepflanzung in der zweiten Hälfte der Regenzeit möglich ist. Erfolgt nur ein einmaliger Anbau ist eine ausreichend sichere Lagerung zum Schutz vor Nachernteverlusten nötig (FAO, 2001). Leguminosen tragen zusätzlich zur Fruchtbarkeit des Bodens bei, da sie in ihren Wurzelknöllchen eine Symbiose mit stickstofffixierenden Bakterien eingehen und so den Boden mit Stickstoff anreichern.

Eine weitere Möglichkeit zur Bodenverbesserung ist die Gründüngung, bei der grüne Pflanzen oder angewelktes Pflanzenmaterial in den Boden eingearbeitet bzw. spezielle Pflanzen wie Raps, Klee oder Sonnenblumen ausgesät werden um die Bildung von Humus zu unterstützen und gegen Bodenerosion und das Auswaschen von Pflanzennährstoffen zu wirken. Schnell wachsende Pflanzen verhindern zudem ein Wachstum von Unkräutern.

Zusätzlich zu einem Anbau von verschiedenen Früchten und Gemüsen ist eine Kleintierhaltung als Nahrungsergänzung von Vorteil. So bieten Hühner, Enten, Kaninchen oder Gänse eine zusätzliche Ressource an proteinreichem Fleisch. Bei einer ausreichenden Wasserversorgung kann zusätzlich ein Teich zur Zucht von Fischen dienen (Pretty/ Hine, 2001).

Ein weiteres Problem ist der Nachernteverlust durch Schädlinge wie Pilze oder Bakterien sowie durch Insekten. Dies führt zu hohen Verlusten des Ernteguts, was zu einer zusätzlichen Verknappung an Nahrungsmittelreserven führt. Daher ist eine Verbesserung und Weiterentwicklung bestehender Lagermethoden ein weiterer wichtiger Aspekt zur Nahrungssicherung. Schon der Bau von „lebenden“ Zäunen in Form von Hecken oder Sträuchern bietet einen Schutz vor Fraßschäden durch Tiere und schützt zusätzlich vor Erosion und Wind. Neben dieser Schutzfunktion kann die Auswahl geeigneter Pflanzen gleichzeitig nützliche Materialien für Mensch und Vieh produzieren. So können sie als Brennholz, Tierfutter, Früchte oder Baumaterial Verwendung finden.

Eine einfache Verbesserungsmethode der Lagerung ist das Platzieren der Sockel des Trockengestells, auf dem die Wurzelknollen ausgelegt werden, in einen Behälter gefüllt mit Wasser, wodurch verhindert werden kann, dass kriechende Insekten die Nahrung erreichen. Kühlung respektive Tiefkühlung, Lagerung unter kontrollierter Atmosphäre oder chemische Behandlung sind weitere Beispiele zur Umgestaltung der traditionellen Lagermethoden, scheitern jedoch meist an den entstehenden Kosten. Ein Beispiel für eine chemische Bearbeitung ist die Behandlung von Wurzelknollen mit Gibberellinsäure. Nachdem die Veratmung der Reserven sowie die Verlagerung von Wasser und Nährstoffen in den ungenießbaren Keim der Knollen immer noch im Bereich von 30 Prozent liegen, wurde mit Erde vermischte Gibberellinsäurelösung auf den angeschnittenen Kopf der Knolle geschmiert, was zu einer Verlängerung der Dormanzperiode führte und somit Frisch- und Trockenmassenverluste verminderte. Die so behandelten Knollen können sofort in die Lagerstätte gebracht werden. Gegenstand der laufenden wissenschaftlichen Versuche sind die Ausweitung des Methodenspektrums, die Qualität behandelter Knollen, die Wirtschaftlichkeit sowie Akzeptanz der Anwendung von Gibberellinsäure als Nacherntebehandlung von Yams oder Cassava (Tschannen, 2003).

Auch die Verbesserung von Verarbeitungsmethoden spielt eine wichtige Rolle bei der Nahrungsmittelsicherung. So führt zum Beispiel bei fermentierten Produkten eine Fehlgärung oft zu Qualitäts- und Produktverlusten. Die traditionelle Spontanfermentation von Cassava zu Attiéké läuft unter Beteiligung eines breiten Spektrums von Mikroorganismen mit Dominanz von Milchsäurebakterien ab und bewirkt zum einen eine sichere Entgiftung der Wurzel und zum anderen gibt sie dem Produkt einen speziellen Geschmack und verlängert außerdem dessen Haltbarkeit. Zur Ver-

besserung der Attiéké-Herstellung wurde der Fermentationsablauf biochemisch und mikrobiologisch analysiert und die charakteristische Fermentationsflora isoliert und identifiziert. Mit den gewonnenen Isolaten werden anschließend neue Starterkulturen zusammengesetzt. Dies soll zur kontrollierten Fermentation führen, die Produktqualität optimieren und standardisieren sowie Fehlgärungen verhindern. Ein anderes Ziel des Einsatzes von Starterkulturen ist die Verkürzung der Fermentationszeit bei vollständiger Detoxifikation des Produktes (Coulin, 2004).

5 Zusammenfassung

Das Problem Hunger beziehungsweise Unterernährung besteht trotz vieler Bemühungen und Verbesserungen seitens nationaler Regierungen der Entwicklungsländer sowie der Industrieländer in den letzten Jahrzehnten noch immer. Vor allem die Länder Afrikas sind von immer wiederkehrenden Hungersnöten und Ernteausfällen durch Dürren, Überschwemmungen, Schädlingen, Wasserknappheit sowie Versalzung und Erosion der Böden betroffen. Neben dieser durch das Klima und der Disparität der Bodenverhältnisse verursachten Knappheit, belasten Überbevölkerung und anhaltende Kriege eine kontinuierliche Versorgung mit Nahrung. Aber auch ein gesicherter Zugang zu Nahrungsmitteln sowie die mögliche Überwindung von Hunger bedeuten jedoch noch lange nicht, dass eine ausreichende Versorgung mit allen essentiellen Makro- und Mikronährstoffen für den menschlichen Organismus gewährleistet ist. Die vorliegende Arbeit beschäftigte sich daher mit der Frage, inwieweit eine einseitige Ernährung auf Basis eines Grundnahrungsmittels über einen längeren Zeitraum zu diversen Mangelerscheinungen führt und welche Möglichkeiten bestehen, die daraus resultierende Unterversorgung einzuschränken bzw. abzuwenden.

Nachdem das erste Kapitel dieser Arbeit einen allgemeinen Überblick über die heutige Ernährungssituation in Afrika gab und die am häufigsten auftretenden Mangelkrankheiten mit ihren Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit darstellte, beschäftigte sich das nachfolgende Kapitel mit den natürlichen Faktoren wie Klima, Boden und Vegetation in den verschiedenen Gebieten Afrikas und den damit entstehenden Lebensweisen, welche wiederum die Ernährung vorgeben. Bis heute findet die Subsistenzwirtschaft am weitesten Verbreitung. Neben der Tradition, die Natur und deren Prozesse in den eigenen Handlungen nachzubilden, um in Harmonie mit ihr zu leben, bestimmen Faktoren wie mangelnde Infrastruktur und damit verbunden geringe Vermarktungsmöglichkeiten sowie relativ spärliche Erträge den eher langsamen Wandel hin zu einem marktorientierten Wirtschaftssystem. Dennoch führen eine zunehmende Verstädterung und damit entstehende veränderte Konsumgewohnheiten in heutiger Zeit immer deutlicher zu einer verbreiteten marktorientierten Lebensweise mit einem vermehrten Anbau von Marktfrüchten für den Handel, was in der Folge wiederum zu einer zusätzlichen Belastung der Ackerböden führt.

und so die Ernährungssituation in den bäuerlichen Regionen weiter erschwert. Die stetig zunehmende Bevölkerung und damit entstehende Bodenknappheit sowie die mangelnde Bodenbearbeitung durch das Fehlen von Technik und Düngemitteln mit einhergehender Stagnation der Erträge führt zu ebenfalls unzureichender Versorgung.

Es konnte aufgezeigt werden, dass eine Ernährung auf Basis tierischer Produkte, wie Fleisch und Milch eine relativ ausgewogene Form darstellt und zusätzlich durch pflanzliche Produkte aufgewertet werden kann.

Aufgrund der bestehenden Armut in Afrika können sich jedoch nur wenige Menschen Nahrung tierischer Herkunft leisten, auch nicht, wenn sie tierische Lebensmittel erzeugen, da diese vornehmlich dem Gelderwerb dienen müssen. Des Weiteren besteht das Problem von Veredlungsverlusten, da nicht nur Futterpflanzen oder Abfälle aus der Landwirtschaft, sondern auch Nahrungsmittel, die der Mensch selbst verzehren könnte, an die Tiere verfüttert werden. Außerdem benötigt man zur Gewinnung eines Gramms Eiweißes tierischer Herkunft die siebenfache Menge pflanzlichen Eiweißes. Die so verbrauchten Pflanzenprodukte bilden bei möglicher Einsparung ein erhebliches Potenzial zur menschlichen Nahrungssicherung. Diese Aspekte zeigen auf, dass eine Ernährung auf Basis pflanzlicher Produkte für die tägliche Ernährung in diesen Ländern von hochgradigerer Bedeutung ist.

Gegenstand des dritten Kapitels war daher die Betrachtung der wichtigsten in Afrika angebauten Pflanzenarten und deren diätetische Bewertung. Als Beispiele für Getreide dienten Mais und Sorghum, Vertreter der Wurzelgemüse waren Cassava und Yams. Ensete, zu den Bananengewächsen zählend, wurde als Beispiel einer Sonderform stärkehaltiger Pflanzen herangezogen. Vor der Bewertung der Inhaltsstoffe erfolgte die Analyse hinsichtlich des Ertrages, der Anbaumethode, Ernte- sowie Lagertechnik und der landestypischen traditionellen Verarbeitung der jeweiligen Pflanze.

Typisch für alle analysierten Gewächse ist ihr hoher Gehalt an Kohlenhydraten vor allem in Form von Stärke und eine geringe bis sehr geringe Konzentration an Proteinen respektive essentiellen Aminosäuren. In allen Pflanzen ist Lysin die erstlimitierende Aminosäure. Die Funktionen des Lysins, wie die Bildung von Enzymen, Hormonen und Antikörpern, sowie ihre Beteiligung an Wachstum, der Kollagensynthese und an der Gewebereparatur im menschlichen Körper, werden daher nur unzureichend erfüllt. Dies führt dazu, dass in allen Regionen mit vorwie-

gend pflanzlicher Ernährung Proteinmangelkrankungen weit verbreitet und vor allem Kinder sowie schwangere Frauen, wegen ihres gesteigerten Grundumsatzes, davon betroffen sind.

Kapitel 4 beschäftigte sich daher mit möglichen Ansätzen zur Verbesserung der Ernährungssituation. Gentechnik, als innovativste Forschung ist jedoch nur bedingt in Afrika anwendbar. Auch wenn diese Technik zur Verbesserung der Inhaltsstoffe der einzelnen Pflanzen beiträgt, ist ihre Anwendung in Afrika vor allem durch das mangelnde Kapital der Bauern eingeschränkt, das einen Erwerb der Pflanzen unmöglich macht. Ein weit günstigere Möglichkeit stellen daher Verbreitung und Anbau von Zuchtpflanzen dar. Auch die Supplementation der Nahrung durch direkte Gabe von Vitamin- und Mineralstoffpräparaten in Form von Pulver oder Kapseln ist eine gute und preiswerte Möglichkeit zur Anreicherung der Nahrung mit wichtigen Mikronährstoffen, führt jedoch zu einer Abhängigkeit der Bevölkerung von Gesundheitsämtern oder Hilfsorganisationen. Zur Wahrung der Eigenständigkeit und dauerhaften Lösung des Problems einer möglichen Unterversorgung ist die Schulung der Bevölkerung im Anlegen eines familiären Kleingartens von entscheidender Wichtigkeit. Die Produktion unterschiedlicher Getreide, Obst und Blattgemüse in einem kleinen Bereich ermöglicht so eine dauerhaft gesicherte und abwechslungsreiche Ernährung.

6 Literaturverzeichnis

Akinrele, I.A., Fermentation Studies on Maize during the Preparation of a Traditional African Starch-cake Food, in: Journal Sci. Food Agric., Nr. 21, S. 619-625, 1970.

Amede, T./ Delve, R., Improved Decision-Making for Achieving Triple Benefits of Food Security, Income and Environmental Services through Modeling Cropping Systems in the Ethiopian Highlands, African Highlands Initiative (AHI), Working Papers, Nr. 20, 2006.

Andreae, B., Agrargeographie: Strukturzonen und Betriebsformen in der Weltlandwirtschaft, 2., überarb. u. erw. Aufl., Berlin/ New York, 1983.

Arnold, A., Agrargeographie, Paderborn et al., 1985.

Asiedu, R./ Wanyera, N.M., Yams, in: Fuccillo, D./ Sears, L./ Stapleton, P. (Hrsg.), Biodiversity in Trust, Cambridge, 1997.

Awoniyi, O.A./ Omonona, B.T., Production Efficiency in Yam Based Enterprises in Ekiti State, Nigeria, in: J Central Europ Agriculture, Nr. 7, S. 627-636, 2006.

Bahl, R./ Bhandari, N. et al., Vitamin A Supplementation of Woman Postpartum and of Their Infants at Immunization Alters Breast Milk Retinol and Infant Vitamin A Status, in: J Nutr, Nr. 132/32, S. 43-48, 2002.

Baker, R.E.D./ Simmons, N.W., The genus Ensete in Africa, in: Kew Bulletin, Nr. 3, S. 405-416, 1953.

Beets, W.C., Raising and Sustaining Productivity of Smallholder Farming Systems in the Tropics, Alkmaar, 1990.

Belavady, B./ Srikantia, S.G./ Gopalan, C., The Effect of Oral Administration of Leucine on the Metabolism of Tryptophan, in: Biochem. J., Nr. 87, S. 652-655, 1963.

Belavady, B./ Udayasekhara Rao, P., Leucine and Isoleucine Content of Jowar and its Pellagragenicity, in: Indian. J. Exp. Biol., Nr. 17, S. 659-661, 1979.

Bezunch, T., An Overview on Enset Research and the Future Technological Needs for Enhancing its Production and Utilization, in: Abete, T. et al. (Hrsg.), Enset-Based Sustainable Agriculture in Ethiopia, Institute of Agricultural Research, Addis Ababa, 1996.

Bradbury, J.H./ Holloway, W.D., Chemistry of Tropical Root Crops: Significance for Nutrition and Agriculture in the Pacific. ACIAR Monograph Nr. 6, Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, 1988.

Brandt, S.A./ Spring, A. et al., The Tree Against Hunger – Enset-Based Agricultural Systems in Ethiopia, American Association For The Advancement Of Science, Washington D.C. 1997.

Bressani, R./ Gómez-Brenes, R./ Scrimshaw, N.S., Effect of Processing on Distribution and In Vitro Availability of Niacin of Corn (*Zea mays*), in: Food Technol., Nr 15, S. 450-454, 1961.

Bressani, R./ Elias, L.G., Legume foods, in: Altschul, A.M. (Hrsg.), New Protein Foods, Vol. I A, New York, 1974, S. 231-297.

Brock, J.F., Protein Malnutrition, Requirements and Supplementation. In Progress in Meeting Protein Needs of Infants and Preschool Children, in: NRC Pub., Nr. 843, S. 103-118, Natl. Acad. Sci., Natl. Res. Council., Washington D.C., 1961.

Brouillette, B. et al., African Geography for Schools: A Handbook for Teachers, UNESCO, Paris, 1974.

Clark, H.E./ Allen, P.E./ Meyers, S.M. et al., Nitrogen Balances of Adults Consuming Opaque-2 maize Protein, in: Am. J. Clin. Nutr., Nr. 20, S. 825-833, 1967.

Conway, G., From the Green Revolution to the Biotechnology Revolution: Food for Poor People in the 21st Century, Speech at the Woodrow Wilson International Center for Scholars Director's Forum, 2003.

Cremer, H.-D., Handbuch der Landwirtschaft und Ernährung in Entwicklungsländern, Bd. 2: Nahrung und Ernährung, 2., Aufl., Stuttgart, 1983.

Coulin, P., Optimierung der fermentativen Verarbeitung von Maniok zu Attiéké durch den Einsatz von Starterkulturen in einem standardisierten Herstellungsverfahren, Diss., Zürich, 2004.

Coursey, D.G./ Aidoo, A., Ascorbic Acid Levels in Ghanaian Yams, in: Journal. Sci. Food Agric., Nr. 17, S. 446-449, 1966a.

Coursey, D.G., Food Technology and the Yam in West Africa, in: Tropical Science Vol. 3, Nr. 4, S. 152-159, 1966b.

Coursey, D.G, Yam Storage. A Review of Yam Storage Practices and of Information on Storage Losses, in: Journal of Stored Products Research, Vol. 2, S. 229-244, 1967.

Coursey, D.G., The Origins and Domestication of Yams in Africa, in: Harlan, J.R./ Wet de, J./ Stember, A.B. (Hrsg.), Origins of African Plant Domestication, Den Haag/ Mouton, 1976, S. 383-408.

Dendy, D.A.V., Composite Flour – Past, Present and the Future: A Review with Special Emphasis on the Place of Composite Flour in the Semi-arid Zones, in: Utilization of Sorghum and Millets, ICRISAT, Patancheru, Indien, 1992, S. 67-73.

Deosthale, Y.G./ Nagarajan, V. et al., Some Factors Influencing the Nutrient Composition of Sorghum Grain, in: Indian J. Agric .Sci., Nr. 42, S. 100-108, 1972.

Doherty, C./ Faubion, J.M./ Rooney, L.W., Semiautomated Determination of Phytate in Sorghum and Sorghum Products, in: Cereal Chem., Nr. 59, S. 373-378, 1982.

Doppler, W., Landwirtschaftliche Betriebssysteme in den Tropen und Subtropen, Stuttgart, 1991.

Dudley, J.W./ Lambert, R.J., Genetic Variability After 65 Generations of Selection in Illinois High Oil, Low Oil, High Protein and Low Protein Strains of Zea mays L., in: Crop Sci., Nr. 9, S. 179-181, 1969.

Egesi, C.N./ Asiedu, R./ Egunjobi, J.K./ Bokanga, M., Genetic Diversity of Organoleptic Properties in Water Yam (*Dioscorea alata* L.), in: Journal of the Science of Food and Agriculture, Nr. 83, S. 858-865, 2003.

Ezeala, D.O., Changes in the Nutritional Quality of Fermented Cassava Tuber Meal, in: *Journal Agric. Food Chemistry* 32, S. 467-409, 1984.

Faber, M./ Kvalsvig, J.D. et al., Effect of a Fortified Maize-meal Porridge on Anemia, Micronutrient Status, and Motor Development of Infants, in: *Am J Clin Nutr*, Nr. 82, S. 1032-1039, 2005.

FAO, Amino-acid content of food, *Nutrition Studies*, Nr. 24, Rom, 1970.

FAO, *Soils Bulletin*, Nr. 24, Rom, 1974.

FAO, *Better Farming Series 15. Cereals*, Rom, 1977a.

FAO, *Better Farming Series 16. Roots and Tubers*, Rom, 1977b.

FAO, *Traditional Food Plants*, *Food and Nutrition Paper*, Nr. 42., Rom, 1988.

FAO, *FAOSTAT Agricultural Database: Agricultural Production, Crops Primary*, Rom, 2002.

Francis, B.J./ Halliday, D./ Robinson, J.M., Yams as a Source of Edible Protein, in: *Tropical Science*, Nr. 17, S. 103-110, 1975.

Franke, G., *Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen*, Bd. 2, 4., Auflage, Leipzig, 1984.

Fratkin, E./ Galvin, K.A., *African Pastoralist Systems: An Integrated Approach*, Boulder, 1994.

Gebre-Mariam, T./ Schmidt P.C., Isolation and Physico-chemical Properties of Enset Starch, *Starch/Stärke*, Nr. 6, S. 208-214, 1996.

Ghosh, H.P./ Sarkar, P.K./ Guha, B., Distribution of the Bound Form of Nicotinic Acid in Natural Materials, in: *J. Nutr.*, Nr. 79, S. 451-453, 1963.

Goto, F./ Yoshihara, T. et al., Iron Fortification of Rice Seed by the Soybean Ferritin Gene, in: *Nature Biotechnology*, Nr.17, S. 282-286, 1999.

Hansen, J.D.L./ Schendel, H.E./ Wilkins, A./ Brock, J.F., Nitrogen Metabolism in Children with Kwashiorkor Receiving Milk and Vegetable Diets, in: *Pediatrics*, Nr. 25, S. 258-282, 1960.

Herum, F.L., Harvesting and Postharvest Management, in: Watson, S.A./ Ramstad, P.E. (Hrsg.), Corn, Chemistry and Technology, Minnesota, 1987.

Hillocks, R.J., Cassava in Africa, in: dies./ Thresh, J.M./ Bellotti, A (Hrsg.), Cassava: Biology, Production and Utilization, CAB International, 2002.

ICRISAT, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics and Food and Agriculture Organization of the United Nations, The World Sorghum and Millet Economies, ICRISAT, Patancheru, India and FAO, Rom, 1996.

James, C., Preview, Global Status of Commercialized Transgenic Crops, Nr. 30, Ithaca, 2003.

Knoth, J., Traditional Storage of Yams and Cassava and its Improvement (GTZ), GTZ-Postharvest Project, Hamburg, 1993.

Krawinkel, M./ Mahr, J., Grüne Gentechnik – Chancen und Risiken für die internationale Ernährungssicherung, Gießen, 2004.

Krishnaswamy, K./ Bapu Rao, S./ Raghuram, T.C. /Srikantia, S.C., Effect of Vitamin B6 on Leucine-induced Changes in Human Subjects, in: Am. J. Clin. Nutr., Nr. 29, S. 177-181, 1976.

Lancaster, P.A./ Brooks, J. E., Cassava Leaves as Human Food, in: Economic Botany 37, H. 3, S. 331-348, 1983.

Leitzmann, C., Die globale Ernährungssituation – Welternährung zu Beginn des 21. Jahrhunderts, in: Biologie in unserer Zeit 31, H. 6, S. 408-416, 2001.

Manary, M.J./ Hotz, C./ Krebs, N.F. et al., Zinc Homeostasis in Malawian Children Consuming a High-phytate Maize-based Diet, in: Am J Clin Nutr, Nr. 75, S. 1057-1061, 2002.

Marfo, E.K./ Oke, O.L., Changes in Phytate Content of Some Tubers During Cooking and Fermentation, 1988.

Martin, F.W./ Telek, L./ Ruberté, R.M., Yellow Pigments of Dioscorea bulbifera, in: Journal Agr. Food Chem. 22, H. 2, S. 335-337, 1974.

McDowell, I./ Oduro, K.A., Investigation of the β -carotene in Yellow Varieties of Cassava (*Manihot esculenta*), in: Journal of Plant Foods, Nr. 5, S. 169-171, 1983.

Mkpong, O.E./ Yan, H./ Chism, G./ Sayre, R.T., Purification, Characterization and Localization of Linamarase in Cassava, in: Plant Physiology, Nr. 93, S. 176-181, 1990.

Moorthy, S.N., Physicochemical and Functional Properties of Tropical Tuber Starches, Starch/Stärke, Nr. 12, S. 559-592, 2002.

MPI, Max-Plank-Institut für Züchtungsforschung, Grüne Gentechnik, Köln, 2000.

National Research Council of the National Academies (Hrsg.), Lost Crops of Africa: Volume II: Vegetables, Washington, D.C., 2006.

Nicolaisen, J./ Nicolaisen, I. (Hrsg.), The Pastoral Tuareg. Ecology, Culture, and Society, Kopenhagen, 1997.

Nweke, F.I./ Ezumah, H.C., Cassava in African Farming and Food Systems: Implications for Use in Livestock Feeds, in: Hahn, S.K./ Reynolds, L./ Egbunike, G.N. (Hrsg.), Cassava as Livestock Feed in Africa, Ibadan, Nigeria, 1988.

Oke, O.L., Cassava as food in Nigeria, in: World Rev. Nutr. Diet, Nr. 9, S. 227-250, 1968.

Okeiyi, E.C./ Futrell, M.F., Evaluation of Protein Quality of Formulations of Sorghum Grain Flour and Legume Seeds, in: Nutr. Rep. Int., Nr. 28, S. 451-461, 1983.

Oli, M.T., Assessing Diversity in Yams (*Dioscorea* spp.) from Ethiopia based on Morphology, AFLP Markers and Tuber Quality, and Farmers' Management of Landraces, Göttingen, 2006.

Oltersdorf, U./ Weingärtner, L., Handbuch der Welternährung – Die zwei Gesichter der globalen Nahrungssituation, Bonn, 1996.

Orr, M.L./ Watt, B.K., Amino Acid Content of Foods. Home Economics Research Report Nr. 4., Washington, D.C., S. 88, 1957.

Osagie, A.U./ Opute, F.I., Major Lipid Constituents of *Dioscorea rotundata* Tuber during Growth and Maturation, in: Journal of Experimental Botany 32, Nr. 4, Seite 737-740, 1981.

Pasternak, D., *Saline Agriculture: Salt-Tolerant Plants for Developing Countries*, National Academic Press, Washington, 1990.

Pearson, W.N./ Stempfel, S.J./ Valenzuela, T.S./ Utley, M.H./ Darby, W.J., The Influence of Cooked vs. Raw Maize on the Growth of Rats Receiving a 9% Casein Ration, in: *Journal Nutr.*, Nr. 62, S. 445-463, 1957.

Pillot, D./ Gires, J.-C., *Agriculture in Wolaita: First Studies and Programme of Research*. WREP-MoA, 1982.

Pushpamma, P./ Chittemma Rao, K. et al., Storage of sorghum and millets at domestic level in Andhra Pradesh, India, in: *Bull. Grain Technol.*, Nr. 23 S. 50-60, 1985.

Rawel, H.M./ Kroll, J., Die Bedeutung von Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) als Hauptnahrungsmittel in tropischen Ländern, in: *Deutsche Lebensmittel-Rundschau* 99, H. 3, S. 102-110, 2003.

Rochefford, T., et al., Enhancement of Vitamin E Level in Corn, in: *J. Am. Coll. Nutr.*, Nr. 21, S. 191-198, 2002.

Ruthenberg, H., *Farming Systems in the Tropics*, Oxford, 1971.

Sankara Rao, D.S./ Deosthale, Y.G., Effect of Pearling on Mineral and Trace Element Composition and Ionizable Iron Content of Sorghum, in: *Nutr. Rep. Int.*, Nr. 22, S. 723-728, 1980.

SAVACG, (South African Vitamin A Consultative Group), *Children Aged 6 to 71 Months in South Africa: their Anthropometric, Vitamin A, Iron and Immunization Coverage Status*, Johannesburg, 1995.

Scheffer, F./ Schachtschabel, P., *Lehrbuch der Bodenkunde*, 14., Auflage, Kiel et al., 1998.

Scholz, F., *Nomadismus: Theorie und Wandel einer sozio-ökologischen Kulturweise*, Stuttgart, 1995.

Schulz, V., Clinical Pharmacokinetics of Nitroprusside, Cyanide, Thiosulphate and Thiocyanate, in: *Clinical Pharmacokinetics*, Nr. 9, S. 239-251, 1984.

Scott, G.J./ Rosegrant, M.W./ Ringler, C., *Roots and Tubers for the 21st Century: Trends, Projections and Policy Options*, IFPRI, Lima, 2002.

Scrimshaw, N.S., *The Consequences of Hidden Hunger for Individuals and Societies*, in: *Food and Nutrition Bulletin* 15, Nr.1, 1994.

Scrimshaw, N.S./ Behar, M./ Wilson, D./ Viteri, F. et al., *All-vegetable Protein Mixtures for Human Feeding V. Clinical Trials with INCAP Mixtures 8 and 9 and with Corn and Beans*, in: *Am. J. Clin. Nutr.*, Nr. 9, S. 196-205, 1961.

Shank, R./ Ertiro, C., *A Linear Model for Predicting Enset Plant Yield and Assessment of Kocho Production in Ethiopia*, United Nations Development Programme, Addis Ababa, 1996.

Sick, W.-D., *Agrargeographie*, Braunschweig, 1993.

Simmons, N.W., *Ensete cultivation in the Southern highlands of Ethiopia*, *Journal of African History* N.6, S. 1-12, 1958.

Singh, R./ Axtell, J.D., *High Lysine Mutant Gene (hl) that Improves Protein Quality and Biological Value of Grain Sorghum*, in: *Crop Sci.*, Nr. 13, S. 535-539, 1973.

Squibb, R.L./ Bressani, R./ Scrimshaw, N.S., *Nutritive Value of Central American Corns. V. Carotene Content and Vitamin A Activity of Three Guatemalan Yellow Corns*, in: *Food Res.*, Nr. 22, S. 303-307, 1957.

Stoecker, B. et al., *Nutritive Value And Sensory Acceptability Of Corn- And Kocho-Based Foods Supplemented With Legumes For Infants Feeding In Southern Ethiopia*, in: *The African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* 6, Nr.1, S. 1-19, 2006.

Taylor, J.R.N., *Overview: Importance of Sorghum in Afrika*, AFRIPRO Workshop on the Proteins of Sorghum and Millets: Enhancing Nutritional and Functional Properties for Africa, Pretoria, South Africa, 2003.

Taylor, J.R.N./ Schussler, L., *The Protein Compositions of the Different Anatomical Parts of a Sorghum Grain.*, in: *J. Cereal Sci.* 4, S. 361-369, 1986.

Torún, B./ Caballero, B. et al., Habitual Guatemalan Diets and Catch-up Growth of Children with Mild to Moderate Malnutrition, in: Food Nutr. Bull. Suppl., Nr. 10, S. 216-231, 1984.

Tschannen, A.B, Controlling Post-harvest Losses of Yam (*Dioscorea* spp.) by Application of Gibberellic Acid, Diss., Zürich, 2003.

Tylleskär, T./ Banea, M./ Blake, G.G./ Bikangi, N. et al., Cassava Cyanogens and Konzo, an Upper Motoneuron Disease Found in Africa, in: Lancet, Nr. 339, S. 208-211, 1992.

Vimala, V./ Kaur, K.J./ Hymavati, T.V., Processing of Millets – Scope for Diversification, Proceedings of the Summer Institute on Appropriate Food Processing Technologies for Rural Development 15. – 4. Juli 1990, S. 3952, Hyderabad, Inde, Andhra Pradesh Agricultural University, 1990.

Vogel, S./ Graham, M. et al., Sorghum and Millet: Food Production and Use. Report of a Workshop, Nairobi, Kenya, 4.-7. Juli 1978. Ottawa, Canada, Centre de recherche pour le développement international, 1979.

Westphal, E., Agricultural Systems in Ethiopia, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, 1975.

Weischet, W., Ackerland aus Tropenwald – eine verhängnisvolle Illusion, in: Holz aktuell, H. 3, S. 22, 1981.

Zlotkin S.H./ Schauer C. et al., Micronutrient Sprinkles to Control Childhood Anaemia, in: PLoS Med, Nr. 2(1), 2005.

Quellen aus dem Internet:

Aregheore, E.M., Nigeria, Country Pasture/Forage Resource Profiles, (<<http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/Counprof/nigeria/nigeria.htm>> am 10. Mai 2007).

CIAT, The International Center for Tropical Agriculture, Biofortified Cassava, HarvestPlus, 2006, (online-Ausgabe <<http://www.harvestplus.org/pubshp.html>> am 10. Juli, 2007).

CIMMYT, International Maize and Wheat Improvement Center, Biofortified Maize, HarvestPlus, 2006, (online-Ausgabe <<http://www.harvestplus.org/pubshp.html>> am 10. Juli, 2007).

FAO, Food Composition Table for Use in Africa, Rom, 1968 (online-Ausgabe <<http://www.fao.org/docrep/003/X6877E/X6877E00.htm#TOC>> am 05. April 2007).

FAO, Cassava Processing, Rom, 1977c, (online-Ausgabe <<http://www.fao.org/docrep/x5032e/x5032E00.htm>> am 23. Mai 2007).

FAO, Roots, Tubers, Plantains and Bananas in Human Nutrition, Rom, 1990, (online-Ausgabe <<http://www.fao.org/docrep/t0207e/T0207E00.htm#Contents>> am 05. Mai 2007).

FAO, Maize in Human Nutrition, Rom, 1992a, (online-Ausgabe <<http://www.fao.org/docrep/t0395e/T0395E00.htm#Contents>> am 19. Februar 2007).

FAO, Meat and Meat Products in Human Nutrition in Developing Countries, Rom, 1992b, (online-Ausgabe <<http://www.fao.org/docrep/T0562E/T0562E00.htm#Contents>> am 13. April 2007).

FAO, Sorghum and Millets in Human Nutrition, FAO Food and Nutrition Series, Nr. 27, Rom, 1995, (online-Ausgabe <<http://www.fao.org/docrep/t0818e/t0818e00.htm>> am 19. April 2007).

FAO, The World Sorghum and Millet Economies: Facts, Trends and Outlook, Rom, 1996, (online-Ausgabe <<http://www.fao.org/docrep/W1808E/w1808e00.htm#Contents>> am 16. März 2007).

FAO, Human Nutrition in the Developing World, Rom, 1997, (online-Ausgabe <<http://www.fao.org/docrep/W0073e/w0073e00.htm#TopOfPage>> am 18. März 2007).

FAO, Storage and Processing of Roots and Tubers in the Tropics, Food and Agriculture Organization of the United Nations Agro-industries and Post-Harvest Management Service Agricultural Support Systems Division, Rom, 1998, (online-Ausgabe <<http://www.fao.org/docrep/x5415e/x5415e00.htm#Contents>> am 26. März 2007).

FAO, Improving Nutrition Through Home Gardening – A Training Package for Preparing Field Workers in Africa, Nutrition Programmes Service Food and Nutrition Division, Rom, 2001 (online-Ausgabe <<http://www.fao.org/docrep/003/x3996e/x3996e00.htm#TopOfPage>> am 03. Juli 2007).

FAO, The State of Food Insecurity in the World 2005, Eradicating World Hunger – key to achieving the Millennium Development Goals, Rom, 2005 (online-Ausgabe <<http://www.fao.org/docrep/008/a0200e/a0200e00.htm>> am 19. Juli 2007).

FAO, FAO Statistical Yearbook, Rom, 2007 (online-Ausgabe <http://www.fao.org/es/ess/yearbook/vol_1_1/index.asp> am 10. März 2007).

FAOSTAT, <<http://faostat.fao.org/site/340/default.aspx>>, 2007 (am 12. April 2007).

Food and Nutrition Bulletin, The United Nations University Press, Tokio, 1980, (online-Ausgabe <<http://www.unu.edu/unupress/food/8F024e/8F024E00.htm#Contents>> am 03. Juni 2007).

Fritsche, M., The Pattern of Food Intake, Household Expenditures for a Rural Ethiopia, 1996, UNDP Emergencies Unit for Ethiopia, <<http://www.africa.upenn.edu/EUE/fritsche.html>> (am 06. Juli 2007).

Geolinde, <http://www.geolinde.musin.de/afrika/html/t_afrfoggara.htm> (am 15. März 2007).

Heidhues, F., <http://www.berlin-institut.org/pdfs/Heidhues_Welternaehrung.pdf> (am 10. Mai 2007).

Hickey, E./ Mittal, A., Voices from the South. The Third World Debunks Corporate Myths on Genetically Engineered Crops, Food First/Institute for Food and Development Policy and Pesticide Action Network North America, 2003 (online-Ausgabe <<http://www.foodfirst.org/sacramento/voices/voicesfull.pdf>> am 20. Juni 2007).

ICRISAT – International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics – <<http://www.icrisat.org>> (am 14. März 2007).

Kaller-Dietrich, M., Mais – Ernährung und Kolonialismus in Lateinamerika, <<http://www.lateinamerika-studien.at/content/geschichtepolitik/mais/mais-titel.html>> (am 14. März 2007).

PANNA (Pesticide Action Network North America), African Delegates Reject Monsanto's Harvest, Global Pesticide Campaigner 8, Nr. 3, 1998. (online-Ausgabe <<http://www.panna.org/resources/pestis/PESTIS980925.16.html>> am 20. Juni 2007).

Pretty, J./ Hine, R., Reducing Food Poverty with Sustainable Agriculture: A Summary of New Evidence, Colchester, 2001 (online-Ausgabe <<http://www.essex.ac.uk/ces/esu/occasionalpapers/SAFErepSUBHEADS.shtm>> am 24. Juni 2007).

Schuster, W.H., Leguminosen zur Kornnutzung, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, GENRES – Informationssystem Genetische Ressourcen, 1998, <<http://www.genres.de/leguminosen/>> (am 05. Juli 2007).

Tewe, O.O., The Global Cassava Development Strategy: Cassava for Livestock Feed in Sub-Saharan Africa, FAO & IFAD, Rom, 2004 (online-Ausgabe <<http://www.fao.org/docrep/007/j1255e/j1255e00.htm>> am 24. Mai 2007).

WHFOODS, <<http://www.whfoods.org/genpage.php?tname=foodspice&dbid=113>> (am 14. Juni 2007).

WHO, World Health Organization. Iodine Status Worldwide: WHO Global Database on Iodine Deficiency, Genua, 2004, (online-Ausgabe <<http://www3.who.int/whosis/menu.cfm>> am 10 Juli 2007).

Erklärung des Verfassers

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Hilfsmittel und Literatur angefertigt habe.

Seitens des Verfassers bestehen keine Einwände, die vorliegende Diplomarbeit für die öffentliche Nutzung zur Verfügung zu stellen.

Jena, den 23.07.07

Tobias Kühn